

ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ
Εργαστήριο Τεχνικής Γεωλογίας & Υδρογεωλογίας

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ
ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΚΑΙ ΥΔΡΟΔΥΝΑΜΙΚΗ
ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ ΤΗΣ ΚΑΡΣΤΙΚΗΣ ΠΗΓΗΣ
ΑΝΑΒΑΛΟΥ- ΚΙΒΕΡΙΟΥ ΑΡΓΟΛΙΔΑΣ

ΤΣΟΥΛΟΥ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΑ



ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ 2006

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η παρούσα εργασία αποτελεί μια προσπάθεια περιγραφής του μηχανισμού λειτουργίας και ελέγχου της ποιότητας του νερού των πηγών Κιβερίου Αργολίδας που αξιοποιούνται μερικώς με το αρδευτικό έργο του Αναβάλου.

Η εκπόνηση αυτής της εργασίας περιέλαβε τα εξής στάδια:

-Συλλογή μελετών και ερευνών που αφορούν τη γεωλογία, τη στρωματογραφία και την υδρογεωλογία της εν λόγω περιοχής.

-Συλλογή και επεξεργασία βροχομετρικών δεδομένων μετεωρολογικών σταθμών της ευρύτερης περιοχής.

-Συλλογή δεδομένων για την ποιότητα του νερού (συγκέντρωση χλωριόντων) των πηγών Αναβάλου και επεξεργασία αυτών με το πρόγραμμα για H/Y AquaChem.

-Συλλογή ιστορικών δεδομένων και φωτογραφικού υλικού για το αρδευτικό έργο του Αναβάλου.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω όλους όσους συνέβαλαν στην ολοκλήρωση της παρούσας εργασίας.

Πρωταρχικά τον κ. Κ. Βουδούρη, λέκτορα του τμήματος Γεωλογίας Α.Π.Θ., που μου ανέθεσε το θέμα και που με βοήθησε από την αρχή μέχρι το τέλος σε κάθε λεπτομέρεια της εργασίας.

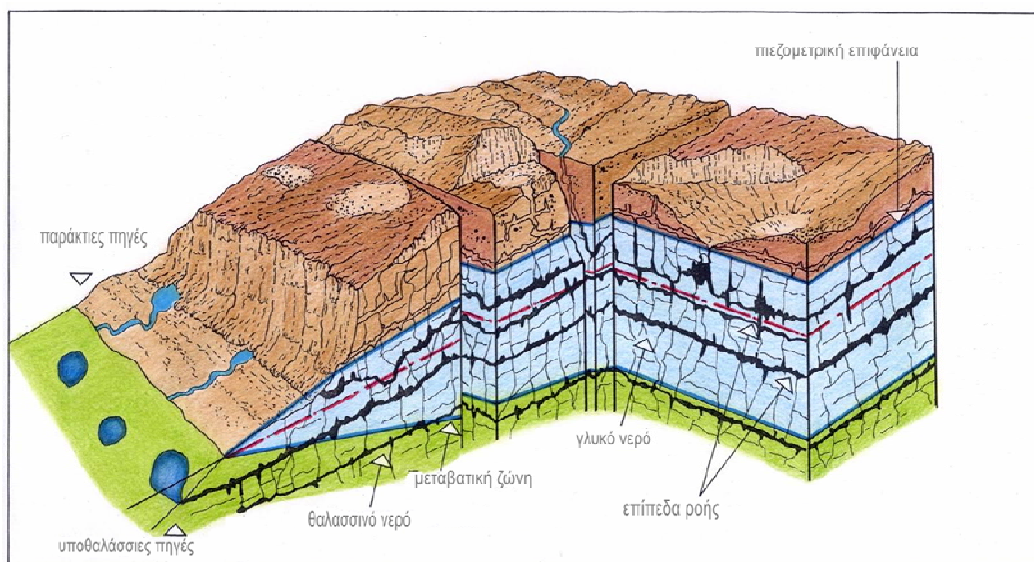
Επίσης ιδιαίτερες ευχαριστίες οφείλω στον κ. Π. Γιαννουλόπουλο (Δρ. Υδρογεωλόγος, Ι.Γ.Μ.Ε.) που συμφώνησε να χρησιμοποιήσω τη διδακτορική του εργασία καθώς και στον κ. Α. Ζυμή, (Γεωπόνος-Διεύθυνση Εγγείων Βελτιώσεων της Ν.Α. Αργολίδας) για την παροχή στοιχείων και πολύτιμων πληροφοριών.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

	Σελ.
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	3
2. ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΗ ΘΕΣΗ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ	7
3. ΓΕΩΛΟΓΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΤΟΥ ΑΡΓΟΛΙΚΟΥ ΠΕΔΙΟΥ	9
4. ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ	22
5. ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ	23
6. ΠΗΓΕΣ ΚΙΒΕΡΙΟΥ (ΑΝΑΒΑΛΟΥ)	26
7. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	37
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ	39
ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΚΟ ΥΛΙΚΟ	43
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	47

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η υποβάθμιση των υπόγειων νερών του Αργολικού πεδίου έχει ξεκινήσει ήδη από τις αρχές της δεκαετίας του 1960. Η ανόρυξη χιλιάδων, αρδευτικών κυρίως, γεωτρήσεων σε όλη την έκταση του Αργολικού πεδίου, οδήγησε στην υποχώρηση της στάθμης των υδροφόρων οριζόντων. Στην παράκτια ζώνη, που μελετάται εδώ, το γεγονός αυτό μπορεί να έχει τραγική κατάληξη. Συγκεκριμένα η υποχώρηση της στάθμης υδροφόρου στρώματος θα οδηγήσει στην ανύψωση της διεπιφάνειας (ή επιφάνειας επαφής γλυκού με θαλασσινό νερό). Αν το γεγονός αυτό οφείλεται σε άντληση γεώτρησης τότε η ανύψωση της διεπιφάνειας μπορεί να φτάσει στο επίπεδο της βάσης του υδρομαστευτικού έργου με αποτέλεσμα την άντληση αλμυρού νερού.



Σχήμα 1. Σχηματική απεικόνιση επαφής γλυκού και αλμυρού νερού σε παράκτιους υδροφόρους (Tulipano, 2005).

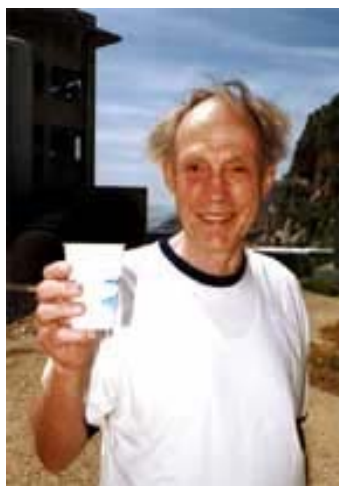
Η σοβαρότητα του προβλήματος οδήγησε από τότε τους αρμόδιους φορείς στην προσπάθεια με διάφορες έρευνες να βρουν τον καταλληλότερο τρόπο αντιμετώπισης ενός προβλήματος, του οποίου οι πιθανότητες επιδείνωσης ήταν πολύ ανησυχητικές. Η ανάγκη για αντιμετώπιση του προβλήματος είναι επιτακτική διότι το νερό είναι απαραίτητο για την κάλυψη των μεγάλων αρδευτικών αναγκών της περιοχής. Ο Αργολικός κάμπος διαθέτει τεράστιες εκτάσεις με διάφορες καλλιέργειες, κυρίως εσπεριδοειδών που χρειάζονται αδιάκοπη άρδευση.

Σύμφωνα, όμως, με διάφορες μελέτες που έχουν εκπονηθεί κατά καιρούς στην περιοχή, τα υπόγεια νερά με κατάλληλη διαχείριση και εμπλουτισμό θα μπορούσαν να αποτελέσουν τη βασική πηγή νερού άρδευσης. Ωστόσο, οι πρώτες μελέτες που είχαν διεξαχθεί οδήγησαν στην κατασκευή του φράγματος του Αναβάλου.

Αρδευτικό Έργο Αναβάλου

Στην περιοχή του φράγματος του Αναβάλου υπάρχει το φαινόμενο, που προκαλεί τον εύλογο θαυμασμό του απλού κόσμου, όπου γλυκό νερό εκχύνεται στη θάλασσα μέσω παραθαλάσσιου υδροφόρου στρώματος. Θεωρήθηκε λοιπόν αμέσως αναγκαίο, από τους αρμόδιους, να επιτευχθεί με κάποιο τρόπο εκμετάλλευση αυτού του νερού. Έτσι κατασκευάστηκε το φράγμα αυτό για τη συγκέντρωση του γλυκού νερού.

Πρόκειται για το βασικό εγγειοβελτιωτικό έργο της Αργολίδας, που με εκμετάλλευση του νερού των πηγών Κιβερίου (Ανάβαλος) και των πηγών Κεφαλαρίου (όταν λειτουργούν) θα καλύψει τις αρδευτικές ανάγκες σε εκτάσεις : 18,330 ha για το Αργολικό πεδίο με περίμετρο που φτάνει μέχρι την υψομετρική των 100 m και 2,860 ha για την περιοχή Ασίνης – Ιρίων, όπου δεσπόζουσα καλλιέργεια είναι τα εσπεριδοειδή που καλύπτουν έκταση 100.000 στρεμμάτων.



Dr.Wolfgang Ständer

Η κατασκευή του έργου έχει αρχίσει από το τέλος της δεκαετίας του 1960 από το Γερμανό πολιτικό μηχανικό W.Ständer και ακόμη δεν έχει ολοκληρωθεί. Έχουν

κατασκευαστεί και λειτουργούν το φράγμα σύλληψης και απομόνωσης των υποθαλάσσιων πηγών, το κεντρικό αντλιοστάσιο Αναβάλου με 4 αντλίες δυναμικότητας $10 \text{ m}^3/\text{sec}$, η προσαγωγός διώρυγα μεταφοράς του νερού μήκους 38000 m, η διώρυγα Ν. Κίου, τα αντλιοστάσια Α3, Α4 και Α5 και το σύστημα υδροληψίας επί της διώρυγας Κιβερίου. Επίσης λειτουργεί και το αρδευτικό έργο των Ιρίων, το οποίο περιλαμβάνει αντλιοστάσιο, καταθλιπτικό αγωγό και αγωγό βαρύτητας, 5 δεξαμενές ημερήσιας εξίσωσης και φόρτισης του δικτύου διανομής και το δίκτυο διανομής του νερού σε έκταση 16,800 στρεμ. για στάγδην άρδευση.

Σε ημιτελή κατάσταση βρίσκονται ακόμη τα έργα της 1^{ης} φάσης (αντλιοστάσιο 3 Α1, δεξαμενή ημερήσιας εξίσωσης και πρωτεύον-δευτερεύον δίκτυο διανομής του νερού) και τα έργα της 1^{ης} φάσης της περιοχής Κουτσοποδίου-Ινάχου που θα εξυπηρετήσουν έκταση 37,20 ha.

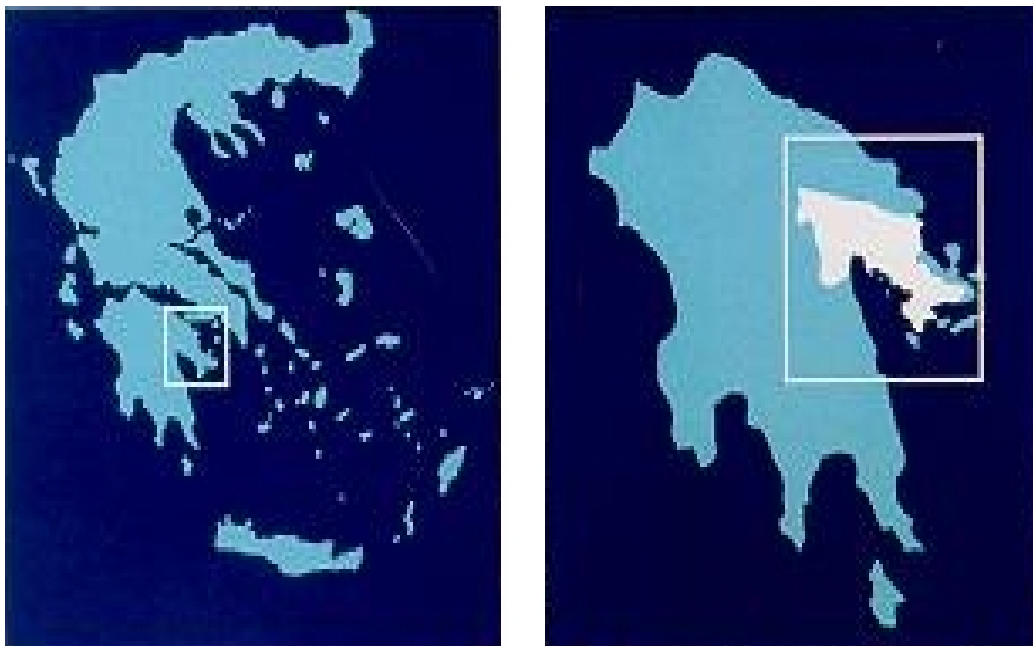


Άποψη φράγματος και αντλιοστασίου Αναβάλου.

2. ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΗ ΘΕΣΗ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ

Η γεωγραφική θέση της περιοχής που μελετάται (χωριό Κιβέρι) οριοθετείται προσεγγιστικά από τις συντεταγμένες λ [22° 43' 53" Ε] και φ [37° 31' 9" Ν] και βρίσκεται στο νοτιοδυτικό άκρο του Αργολικού κόλπου στην Πελοπόννησο. Οι πηγές του Αναβάλου βρίσκονται 2 km νότια του χωριού. Πρόκειται για ένα μικρό παραθαλάσσιο χωριό με 1034 κατοίκους (δεδομένα του 1991) με πολύ σημαντικά όμως αρχαιολογικά ευρήματα..

Σύμφωνα με περιγραφές αρχαίων συγγραφέων το Κιβέρι αναφέρεται ως 'γενέσσιον', δηλαδή το μέρος της γέννησης. Ο λόγος είναι ότι θεωρείται το μέρος που αγκυροβόλησε για πρώτη φορά ο Δαναός. Προς τιμήν αυτού του γεγονότος κατασκευάστηκε ο ναός του Γενέσσιου Ποσειδώνα, ο οποίος μαζί με άλλους ναούς και τάφους, που έχουν αποκαλυφθεί από αρχαιολογικές ανασκαφές, αποτελούν εξαιρετικά δείγματα του Μυκηναϊκού πολιτισμού.



Εικόνα 1. Θέση ευρύτερης περιοχής μελέτης.



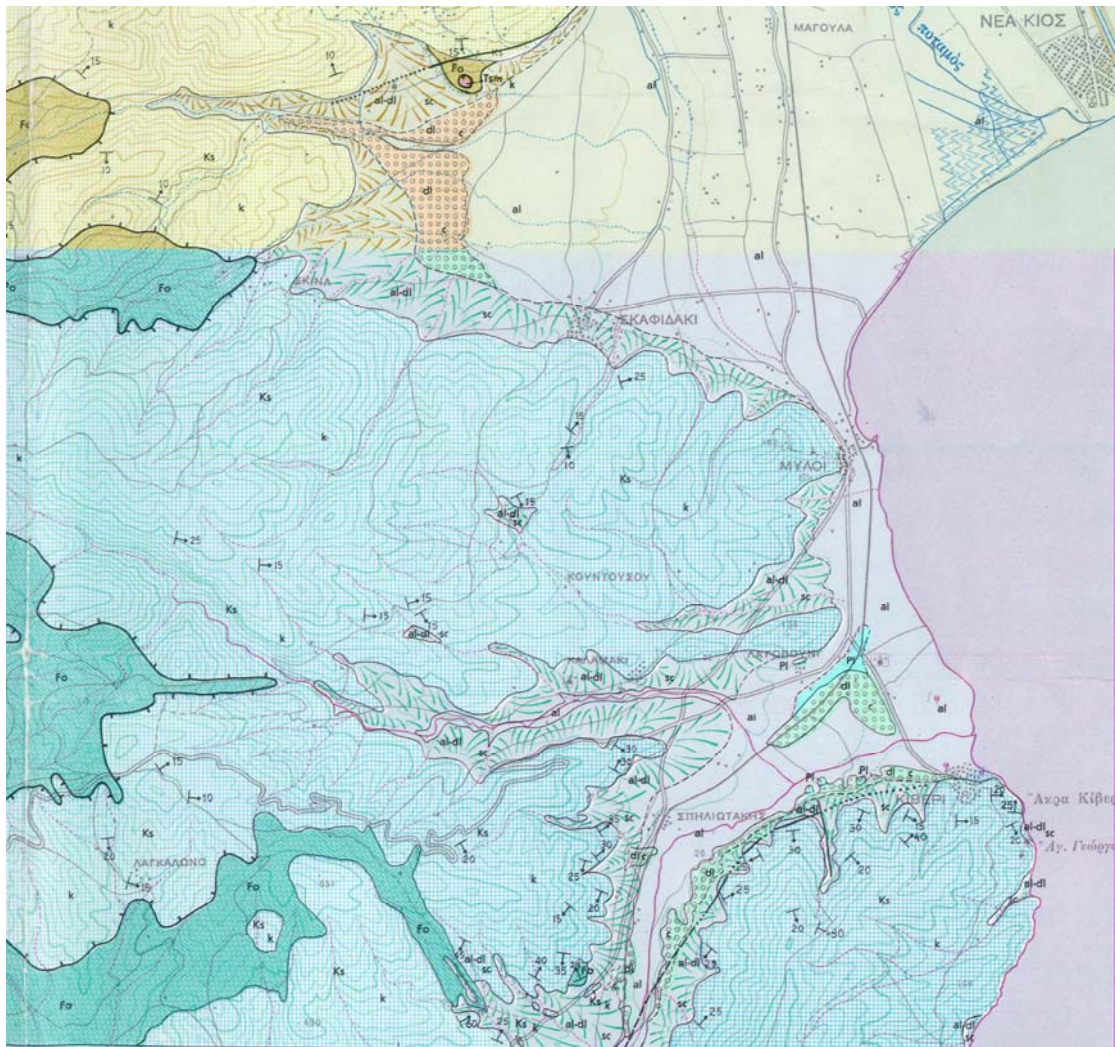
Εικόνα 2. Θέση περιοχής μελέτης (Κιβέρι – Αργολίδας).



Εικόνα 3. Οδικός χάρτης Αργολίδας.

3. ΓΕΩΛΟΓΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΤΗΣ ΕΥΡΥΤΕΡΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΤΟΥ ΑΡΓΟΛΙΚΟΥ ΠΕΔΙΟΥ

Σύμφωνα με τους Πουλοβασίλης κ.α. (1996) η κύρια έκταση του Αργολικού πεδίου (μέχρι την ισοϋψή των 100 m) καλύπτεται από τεταρτογενείς αποθέσεις ποικίλου πάχους. Η ορεινή και ημιορεινή μάζα στα περιθώριά του δομείται γεωλογικά από ασβεστόλιθους και φλύσχη καθώς επίσης και από Πλειο – Πλειστοκαινικά ιζήματα στις βόρειες και ΒΔ παρυφές της πεδιάδας. Αξίζει επίσης να σημειωθεί η παρουσία του μεταμορφωμένου υπόβαθρου της κεντρικής Πελοποννήσου δυτικά του Αργολικού πεδίου.



Εικόνα 4. Γεωλογικός Χάρτης Ι.Γ.Μ.Ε. (Φύλλο Άργος, 1960).

Από γεωτεκτονική άποψη, στην ευρύτερη περιοχή ενδιαφέροντος, αναπτύσσονται κατά σειρά από τα δυτικά προς τα ανατολικά οι ενότητες της Τρίπολης, του Ολονού - Πίνδου και η Υποπελαγονική οι οποίες εντάσσονται στο Αλπικό σύστημα. Ανάμεσα στην τυπική ενότητα της Πίνδου και στην Υποπελαγονική αναπτύσσονται μεταβατικά ιζήματα από την ενότητα της Πίνδου προς την Υποπελαγονική. Τα μεταλικά ιζήματα είναι αυτά που καλύπτουν το Αργολικό βύθισμα και δομούνται από Νεογενή και Τεταρτογενή.

3.1. Το Προαλπικό υπόβαθρο της κεντρικής Πελοποννήσου (Ενότητα της Άρνας ή Φυλλιτών – Χαλαζιτών)

Εμφανίζεται σε μορφή τεκτονικού παράθυρου δυτικά της πόλης του Άργους, στα χωριά Σπηλιά και Μερκούρη. Δομείται από ένα σύστημα μαρμαρυγιακών σχιστόλιθων και φυλλιτών, σερικιτικών, γραφιτικών, χλωροσερικιτικών με χλωριτοειδή και άλλα, έντονα πτυχωμένων με λίγους χαλαζίτες και γκρίζους κρυσταλλικούς μεσοστρωματώδεις ασβεστόλιθους στα ανώτερα μέρη του. Μέσα στους σχιστόλιθους αυτούς και τους φυλλίτες απαντώνται κατά θέσεις αιματίτης και σιδερίτης σε φλέβες. Δυτικά του Μερκουρίου απαντώνται ασήμαντης οικονομικής αξίας, δευτερογενή ορυκτά του χαλκού. (ΙΓΜΕ 1970)

3.2. Το Αλπικό σύστημα

Στο Αλπικό σύστημα συμμετέχουν οι ασβεστολιθικές μάζες καθώς και ο φλύσχος που δομούν τα ορεινά συμπλέγματα του Αρτεμισίου και τα Κτενιά στα δυτικά, των λόφων των Δερβενακίων στα βόρεια και του ορεινού συστήματος του Τραπεζώνας – Αραχναίου στα ανατολικά. Επίσης στο ίδιο σύστημα ανήκουν και οι ασβεστολιθικές λοφώδεις εξάρσεις της Τίρυνθας και του Προφήτη Ηλία καθώς και άλλες μικρότερες που απαντώνται στην πεδινή περιοχή.

Τα Αλπικά ιζήματα εντάσσονται γεωτεκτονικά στις ενότητες Γαβρόβου – Τρίπολης και Πίνδου στα δυτικά, και Υποπελαγονικής στα ανατολικά. Στο χώρο του Αργολικού πεδίου παρεμβάλλονται μεταβατικά ιζήματα της ενότητας Πίνδου προς την Υποπελαγονική (Τάταρης και Καλλέργης, 1965)

Η στρωματογραφική και λιθολογική εικόνα των ενοτήτων αυτών μέσα στην ευρύτερη περιοχή του Αργολικού πεδίου είναι η ακόλουθη :

3.2.1. Ενότητα Γαβρόβου – Τρίπολης

Η ενότητα Γαβρόβου – Τρίπολης βρίσκεται δυτικά της ενότητας της Πίνδου. Τα ανθρακικά τμήματα της ενότητας αυτής παρουσιάζουν περιορισμένη εξάπλωση κυρίως στην περιοχή του Μερκουρίου και δυτικά της Λυρκείας τα οποία καταλήγουν στο φλύσχη.

Η στρωματογραφική στήλη για την περιοχή είναι (ΙΓΜΕ 1970) :

- Στο Αν. Παλαιοζωικό – Τριαδικό υπάρχει ένα σύμπλεγμα από λάβες και ασβεστόλιθους με πηλίτες και ψαμμίτες που είναι γνωστό ως ‘στρώματα του Τυρού’ το οποίο δεν απαντά στην ευρύτερη περιοχή ενδιαφέροντος.

- Το Μέσο – Ανώτερο Ιουρασικό, αντιπροσωπεύεται από ασβεστόλιθους, δολομίτες και δολομιτικούς ασβεστόλιθους νηριτικής φάσης. Είναι συνήθως παχυστρωματώδεις ανοιχτότεφροι, λευκοί έως ροδόχρωοι με μαλάκια και ελασματοβράγχια και παρουσιάζουν περιορισμένη ανάπτυξη στην περιοχή Δούκα βρύση.

- Το Ανώτερο Ιουρασικό, αναπτύσσεται στην ίδια θέση σε συνέχεις με τους προηγούμενους ασβεστόλιθους. Πρόκειται για βιτουμενιούχους ασβεστόλιθους, δολομίτες και δολομιτικούς ασβεστόλιθους σκοτεινότεφρου έως μαύρου χρώματος νηριτικής φάσης με Cladocoropsis, οι οποίοι γίνονται κυρίως ανοιχτόχρωμοι με εμφανή κρυσταλλικότητα σε βαθύτερους ορίζοντες.

- Στο Κατώτερο Κρητιδικό απαντούν κυρίως δολομίτες με Cladocoropsis. Περιορίζονται σε δακτυλιοειδή εμφάνιση γύρω από το τεκτονικό παράθυρο του μεταμορφωμένου υπόβαθρου στην περιοχή Μερκουρίου – Σπηλιάς.

- Το Ανώτερο Κρητιδικό αντιπροσωπεύεται από μικρή λωρίδα ρουδιστοφόρων ασβεστόλιθων (στο Τουρώνιο) σε συνέχεια με τους προηγούμενους στον Κτενιά. Πρόκειται για τεφρούς έως μαύρους ασβεστόλιθους, δολομίτες και δολομιτικούς ασβεστόλιθους άλλοτε παχυστρωματώδεις και άλλοτε λεπτοστρωματώδεις. Χαρακτηριστική είναι η παρουσία των ρουδιστών, γεστερόποδων, οστρακοδών και φυκών.

- Το Σενώνιο αντιπροσωπεύεται από ασβεστόλιθους με *Miliolides* ενώ στο Μαιστρίχτιο μικρολατυποπαγείς ασβεστόλιθοι με *Orbitoides* και *Rosalines*. Απαντώνται δυτικά του Αχλαδόκαμπου και της Λυρκείας.

- Στο Παλαιόκαινο ακολουθούν παχυστρωματόδεις ασβεστόλιθοι, δολομίτες και δολομιτικοί ασβεστόλιθοι ανοιχτόχρωμοι έως υπόλευκοι κατά θέσεις κυρίως στιφροί και κλαστικοί οι οποίοι μεταβαίνουν στους μαύρους βιτουμενιούχους νουμουλιτοφόρους ασβεστόλιθους (Αν. Ηώκαινο – Ακουιτάνιο). Κατά θέσεις απαντούν μεταβατικοί ορίζοντες προς το φλύσχη. Χαρακτηριστικά απολιθώματα είναι τα *Alveolina*, *Miliolidae*, *Nummulites* κ.α. αναπτύσσονται δυτικά της γραμμής Λυρκεία – Καπαρέλι, στη περιοχή του Μερκουρίου – Σπηλιάς και στα Δερβενάκια.

- Ο φλύσχης αναπτύσσεται κατά το μεγαλύτερο τμήμα του σε συνέχεια με τους υποκείμενους ασβεστόλιθους. Είναι ένα σύμπλεγμα από μάργες και ψαμμιτομάργες με φακοειδείς ενστρώσεις κροκαλοπαγών και ασβεστολίθων.

Συνεχής κολώνα αναπτύσσεται κυρίως στην περιοχή Μερκουρίου – Σπηλιάς η οποία οριοθετείται προς τα κάτω από το μεταμορφωμένο υπόβαθρο και προς τα πάνω από επωθημένους Κρητιδικούς ασβεστόλιθους της Πίνδου.

Η τεκτονική δομή της Τρίπολης χαρακτηρίζεται από αντίκλινα μεγάλης ακτίνας καμπυλότητας και διαρρήξεις (Λέκκας 1978). Οι πτυχές έγιναν σε δύο πτυχογόνες παραμορφωτικές φάσεις. Η μία η επικρατέστερη των αλπικών πτυχώσεων δίνει πτυχές με άξονα διεύθυνσης B-N ενώ η δεύτερη η νεότερη δίνει πτυχές με άξονα A-Δ περίπου. Τα ρήγματα είναι κανονικά με επικρατούσα διεύθυνση B-N. διακρίνονται μεταπτώσεις που έγιναν πριν από την επώθηση και άλλες που έγιναν μετά.

3.2.2. Ενότητα της Πίνδου

Η ενότητα αυτή, παρότι παρουσιάζει σημαντική εξάπλωση στην περιοχή της Αργολίδας δεν έχει ακόμη ξεκάθαρη γεωτεκτονική ταυτότητα. Δεν έχει δηλαδή αποσαφηνιστεί εάν πρόκειται για μια αυτόνομη ενότητα όπως στην υπόλοιπη Πελοπόννησο και στη δυτική Ελλάδα ή για μετάβαση της Υποπελαγονικής (Ανατολικής Ελλάδας) στην ενότητα της Πίνδου δυτικά.

Στην περιοχή της Αργολίδας λοιπόν παρουσιάζονται δύο μορφές της ενότητας της Πίνδου. Το γνωστό Αρκαδικό κάλυμμα στα δυτικά και τα ιζήματα από τη μεταβατική ζώνη της ανατολικής Ελλάδας ανατολικά στη ζώνη Ολονού – Πίνδου δυτικά.

Το Αρκαδικό κάλυμμα αναπτύσσεται από τις δυτικές παρυφές του Αργολικού πεδίου στα όρη Κτενιάς και Αρτεμήσιο μέχρι το οροπέδιο της Τρίπολης στα δυτικά. Η στρωματογραφική εικόνα και ανάπτυξη του καλύμματος αυτού είναι (ΙΓΜΕ 1970) :

- Μέσο – Κατ. Ιουρασικό : Σύστημα από τεφρούς λεπτοστρωματώδεις πλακώδεις ασβεστόλιθους και σχιστοκερατόλιθους. Περιέχουν Filaments και απαντούν σε περιορισμένες εμφανίσεις στη Στέρνα και στον Αχλαδόκαμπο.

- Μέσο – Κατ. Κρητιδικό : Σύστημα από αργιλικούς σχιστόλιθους, κερατόλιθους και ψαμμίτες ερυθρού χρώματος με αδρομερέστερα κλαστικά ιζήματα και ασβεστόλιθους. Είναι η κύρια επιφάνεια αποκόλλησης και επώθησης του καλύμματος στην υποκείμενη σειρά της Τρίπολης και βιβλιογραφικά περιγράφεται ως πρώτος φλύσχη της ενότητας της Πίνδου. Τα απολιθώματα σπανίζουν. Οι περιορισμένες εμφανίσεις του ορίζοντα αυτού οριοθετούν συνήθως το Αρκαδικό κάλυμμα από την υποκείμενη ενότητα της Τρίπολης.

- Ανώτερο Κρητιδικό : Είναι το κάλυμμα με τη σημαντικότερη εξάπλωση στον Κτενιά και στο Αρτεμήσιο. Πρόκειται για πολυπτυχωμένους λεπτοπλακώδεις ασβεστόλιθους λευκού, κίτρινου και ερυθρού χρώματος, πελαγικής φάσης με ενστρώσεις και κονδύλους κερατόλιθων. Παρουσιάζονται επίσης ενστρώσεις παχυστρωματών μικροκρυσταλλικών ασβεστόλιθων και μαργών σε εναλλαγές. Οι εναλλαγές των τελευταίων, σε πάχη που ποικίλουν από λίγα εκατοστά μέχρι και μερικά μέτρα, στεγανοποιούν το σύνολο των στρωμάτων και ευνοούν την ανάπτυξη καρστ από το Τουρώνιο μέχρι το Μαιστρίχτιο. Περιέχουν ακτινόζωα και τρηματοφόρα όπως Globotrucana κ.α.

- Παλαιόκαινο – Μαιστρίχτιο : Περιλαμβάνει το φλύσχη ο οποίος είναι ένα σύμπλεγμα από ασβεστιτικούς σχιστόλιθους και μάργες. Κατά θέσεις υπάρχουν σερπεντινωμένα εκρηξιγενή πετρώματα και ασβεστόλιθοι. Η έναρξη της απόθεσης του φλύσχη είναι στο Μαιστρίχτιο με μεταβατικά στρώματα συνιστάμενα από εναλλαγές μαργών και λεπτοπλακωδών ασβεστόλιθων

συνήθως τεφρών με ενστρώσεις και κονδύλους πυριτιόλιθων μαύρου ή ερυθρού χρώματος. Περιέχουν ακτινόζωα και τρηματοφόρα. Αναπτύσσεται σε συνέχεια με τους προηγούμενους ασβεστόλιθους ή κάτω από αυτούς λόγω τεκτονικών λεπιώσεων και παρουσιάζει επίσης σημαντική εξάπλωση.

Στα ιζήματα μεταβάσεως από τη ζώνη της Ανατολικής Ελλάδας (Υποπελαγονική) στη ζώνη της Πίνδου αναφέρονται οι γεωλογικές χαρτογραφήσεις του ΙΓΜΕ (1970) στα φύλλα Αργός και Ναύπλιο. Οι Τάταρης και Καλλέργης (1965) μετά από μελέτη και συσχέτιση γεωλογικών δεδομένων από τον Παρνασσό, την Κορινθία, την Αργολίδα κ.α. κατέληξαν στην παρουσία μεταβατικών στρωμάτων από την Υποπελαγονική στην Πίνδο για την περιοχή. Η στρωματογραφική στήλη και εξάπλωση των στρωμάτων αυτών είναι :

- Πέρμιο – Μέσο Τριαδικό : Συνίσταται από ένα σύστημα κερατοφυρικών τόφφων διαβασών και ασβεστολιθικών ψαμμιτών με αστρίους, χαλαζία, μαγνητίτη, πυρόξενους, χλωρίτη και διάφορα ορυκτά. Σε περιορισμένη εμφάνιση ανατολικά του Δρεπάνου.

- Μέσο – Ανώτερο Τριαδικό : Περιλαμβάνει τα κατώτερα μέλη της Τριαδικής σειράς των ιζημάτων. Πρόκειται για στιφρούς λεπτοστρωματώδεις έως λεπτοπλακώδεις ασβεστόλιθους με πυριτιόλιθους κλαστικούς κατά θέσεις.

- Μέσο – Ανώτερο Τριαδικό : Συνίσταται από ασβεστόλιθους στιφρούς, ανοιχτόχρωμους με ερυθρούς ορίζοντες στα κατώτερα μέλη. Περιέχει κωνόδοντα και αμμωνίτες κατά θέσεις. Προς το Αν. Τριαδικό και ιδίως το κάτω Ιουρασικό περιλαμβάνει ασβεστόλιθους και δολομίτες με χαρακτήρες ανάλογους με εκείνους της αντίστοιχης ηλικίας της Υποπελαγονικής. Εκτός από το Αραχναίο μικρή εμφάνιση αμμωνιτοφόρων ασβεστολίθων υπάρχει και στο Ελληνικό ΝΔ του Άργους.

- Κάτω Ιουρασικό – Άνω Λιάσιο : είναι ένα σύστημα από ανοιχτόχρωμους ασβεστόλιθους, δολομίτες και δολομιτικούς ασβεστόλιθους οι οποίοι μεταπίπτουν δυτικά σε λεπτοπλακώδεις ασβεστόλιθους, πολυπτυχωμένους με πυριτιόλιθους και μαργαϊκά υλικά κατά θέσεις. Περιέχουν ακτινόζωα Filaments και κοράλια.

- Αν. Λιάσιο – Αν. Ιουρασικό : Διαχωρίζεται σε δύο τμήματα, σε αυτό που δομείται από ασβεστόλιθους με κλαστικά υλικά κατά θέσεις ψευδοωολιθικούς και στη σχιστοψαμμιτοκερατολιθική διάπλαση με ενστρώσεις

κλαστικών ασβεστόλιθων. Οι πρώτοι παρουσιάζουν χαρακτήρες σχιστοψαμμιτοκερατολιθικής διάπλασης.

- Κατωτ. Κρητιδικό – Παλαιόκαινο : πρόκειται για το σύστημα ιζημάτων της Μιδέας – Μάνεση. Είναι ένα σύστημα από εναλλαγές λεπτοπλακωδών κρυσταλλικών ασβεστόλιθων που περιέχουν κλαστικά υλικά, με ποικιλόχρωμους κερατόλιθους και μάργες. Οι Ορίζοντες αυτοί μοιάζουν με φλύσχη.

- Κάτω Κρητιδικό – Τουρώνιο : Είναι κλαστικοί ασβεστόλιθοι με παρεμβολές μαργών και μαργαϊκών ασβεστόλιθων. Απαντούν κυρίως στο Παλαμήδι, στην Άρια, στην Τίρυνθα και στο Μπούρτζι.

- Κενομάνιο – Σενώνιο : Συνήθως παχυστρωματώδεις κιτρινόχρωμοι κατά θέσεις μαργαϊκοί ασβεστόλιθοι.

- Τουρώνιο – Σενώνιο : Ασβεστόλιθοι με ρουδιστές, στιφροί με πελαγικά τρηματοφόρα.

- Καμπάνιο – Μαιστρίχτιο : Διαβάσεις, σπηλίτες και περιδοτίτες με κερατόλιθους.

- Μαιστρίχτιο : Φλύσχης συνιστάμενος από ασβεστιτικούς σχιστόλιθους, μάργες ερυθροϊώδους χρώματος, ψαμμιτομάργες, ψαμμίτες και κροκαλοπαγή με ενστρώσεις κλαστικών ασβεστόλιθων. Στα μεταβατικά ιζήματα από τους ασβεστόλιθους απαντώνται οφειολιθικά σώματα από διαβάσεις, σπηλίτες και σερπεντινιωμένους περιδοτίτες.

Δεν είναι ακόμα ξεκαθαρισμένη από γεωτεκτονική άποψη η παρουσία των μεταβατικών αυτών στρωμάτων καθώς και η οριοθέτησή τους με την Υποπελαγονική, αλλά είναι σαφές ότι λιθολογικά περιέχουν πολλά στοιχεία από τη δεύτερη. Αυτό όμως που ενδιαφέρει περισσότερο εδώ είναι η λιθολογική διάρθρωση και δομή.

3.2.3 Υποπελαγονική Ζώνη (ή Ζώνη της Ανατολικής Ελλάδας)

Εξαπλώνεται γεωγραφικά στην ανατολική και βορειοανατολική περιφέρεια του Αργολικού πεδίου καθώς και την ανατολική Αργολίδα. Σύμφωνα με τον Dercourt (1964), η χερσόνησος της Αργολίδας ανατολικά του Αργολικού πεδίου, ανήκει σε δύο διαφορετικές τεκτονικές ενότητες, την ενότητα της Τραπεζώνας στα βόρεια η

οποία θεωρείται κομμάτι της ενότητας του Παρνασσού και η νότια περιοχή της Αργολίδας η οποία ανήκει στην Υποπελαγονική. Η σειρά της Υποπελαγονικής συνίσταται από νηριτικούς ασβεστόλιθους με τοπικές μεταβάσεις σε κερατόλιθους, ασβεστόλιθους τύπου Halstatt και Ammonitico Rosso. Κύριο χαρακτηριστικό γνώρισμά της είναι οι μεγάλες οφειολιθικές μάζες καθώς και η μεγάλης έκτασης σχιστοψαμμιτοκερατολιθική διάπλαση.

Το υπόβαθρο της Υποπελαγονικής (Μουντράκης 1985) αποτελείται από γνεύσιους, μαρμαρυγιακούς σχιστόλιθους, αμφιβολίτες και παρεμβολές μαρμάρων. Από τη στρωματογραφική στήλη στην περιοχή αναπτύσσονται οι ορίζοντες από το Αν. Τριαδικό – Αν. Ιουρασικό.

- Το Αν. Τριαδικό – Λιάσιο αποτελείται από μέσο έως λεπτό κρυσταλλικούς ασβεστόλιθους κυρίως γκρίζους έως λευκούς.

- Στο Αν. Λιάσιο – Αν. Ιουρασικό αναπτύσσεται ευρύτατα η σχιστοψαμμιτοκερατολιθική διάπλαση. Δομείται από αργιλικούς σχιστόλιθους, ψαμμίτες και κροκαλοπαγή με ασβεστολιθικές ενστρώσεις και φακούς, καθώς και μεγάλα οφειολιθικά στρώματα.

Σημαντικές τεκτονικές δομές δεν παρατηρούνται αλλά αξίζει να σημειωθεί η παρουσία αρκετών και μεγάλων ρηξιγενών ζωνών.

3.3. Μεταλλικά ιζήματα

Τα ιζήματα αυτά διακρίνονται σε Νεογενή και Τεταρτογενή και καλύπτουν το Αργολικό βύθισμα καθώς επίσης τους λόφους βόρεια και βορειοδυτικά στην περιοχή Φύχτια - Μπόρσα.

Τα Νεογενή ιζήματα είναι Πλειοκαινικής – Άνω Πλειοκαινικής ηλικίας και περιορίζονται στην περιοχή Στέρνας – Φυχτίων και στις βορειανατολικές παρυφές της πεδιάδας. Συνίστανται από λευκοκίτρινες μάργες εναλλασσόμενες με χονδρόκοκκους ψαμμίτες, ψαμμιτομάργες, ψηφιοπαγή, κροκαλοπαγή και μαργαϊκά ψαμμιτοκροκαλοπαγή σε εναλλαγές. Το πάχος τους υπερβαίνει τα 100 m και είναι πιθανόν Καλάβριας ηλικίας (Θεωδορόπουλος, Ζαμάνη 1974). Χαρακτηριστικό των στρωμάτων αυτών είναι η απουσία μικροπανίδας και η κλίση προς το νότο κατά 20° περίπου. Είναι αποθέσεις κυρίως ποταμοχειμάρειες και λιμναίες πάνω στο αλπικό

υπόβαθρο των ενοτήτων Τρίπολης, Πίνδου και Υποπελαγονικής (ΙΓΜΕ 1970). Μικρής έκτασης νεογενή θαλάσσιας φάσης απαντώνται στην περιοχή Κιβερίου και συνίστανται κυρίως από μάργες και ψαμμιτομάργες.

Στην περιοχή Κεφαλαρίου – Κιβερίου και Ναυπλίου απαντώνται θαλάσσιες αναβαθμίδες από κροκαλοπαγή, πιθανόν Τυρήνιου ηλικίας. Οι διάφοροι κώνοι κορημάτων που αναπτύσσονται στις παρυφές της πεδιάδας ανήκουν κατά τον Maull στο Διλούβιο (Θεοδωρόπουλος, Ζαμάνη 1974).

Τα Τεταρτογενή ιζήματα είναι αυτά που παρουσιάζουν το μεγαλύτερο ενδιαφέρον στην περιοχή, γιατί λόγω της υδροστρωματογραφικής τους δομής και εξάπλωσης φιλοξενούν μεγάλες ποσότητες νερού. Το πάχος τους ποικίλει από λίγα μέτρα μέχρι και περισσότερο από 600 m όπως αποδείχτηκε σε ερευνητική γεώτρηση στο κέντρο του Αργολικού πεδίου, στο Ανυφί, βάθους 617 m. Για το μέγιστο αυτό πάχος των Τεταρτογενών υπάρχουν αμφιβολίες γιατί στην ευρύτερη περιοχή, στο υπόβαθρο απαντούν Πλειοκαινικά κροκαλοπαγή και συνεπώς ο μακροσκοπικός διαχωρισμός των Τεταρτογενών από τα Πλειοκαινικά ιζήματα είναι αρκετά δύσκολος.

Η λιθολογική σύσταση και δομή των Τεταρτογενών έχει ως εξής :

- Αργιλώδη πετρώματα (άργιλος, μαργαϊκή άργιλος και μάργα)
- Κλαστικά ιζήματα ασύνδετα (άμμος, ασβεστολιθικές ψηφίδες, χάλικες και κροκάλες)
- Χημικά ιζήματα (ασβεστολιθικά συγκρίματα)
- Οργανικά (βιοκλαστικά) ιζήματα (τύρφη, κοραλλιογενείς ορίζοντες, τράπεζες ελασματοβραχιών)

Σε ορισμένες θέσεις έχει συναντηθεί και το αλπικό υπόβαθρο της Αργολικής λεκάνης αποτελούμενο από φλύσχη στην πλειοψηφία του και κατά θέσεις από ασβεστόλιθους. Η λεπτομερής δομή και εξάπλωση των επιμέρους οριζόντων θα περιγραφεί εκτενέστερα σε επόμενη παράγραφο.

3.4. Τεταρτογενείς αποθέσεις

Οι λιθολογικοί χαρακτήρες των ιζημάτων που απαντούν στο Αργολικό πεδίο ήταν ένα από τα αντικείμενα της στρωματογραφικής έρευνας 59 γεωτρήσεων που έγιναν κατά την περίοδο 1962-64. Από τη λεπτομερή μελέτη των τομών των γεωτρήσεων αυτών προέκυψε ότι στα Τεταρτογενή αυτά ιζήματα διακρίνονται έξι βασικές κατηγορίες. Σε ορισμένες θέσεις οι γεωτρήσεις συνάντησαν το υπόβαθρο της Αργολικής λεκάνης αποτελούμενο από φλύσχη, Μεσοζωικό ασβεστόλιθο ή και Νεογενή κροκαλοπαγή. Τα τελευταία δεν ήταν δυνατό να διαχωριστούν λόγω έλλειψης μικροπαλαιοντολογικής έρευνας.

Την πρώτη θέση καταλαμβάνουν τα αργιλώδη πετρώματα και ακολουθούν τα κλαστικά ασύνδετα ιζήματα με σημαντική εξάπλωση, τα κλαστικά συνδεδεμένα ιζήματα με σχετικά μικρότερη εξάπλωση, τα χημικά ιζήματα και τέλος τα οργανικά – βιοκλαστικά ιζήματα, τα οποία παρουσιάζουν περιορισμένη εξάπλωση στο Αργολικό πεδίο αλλά αποτελούν αντιπροσωπευτικές φάσεις.

Στα αργιλώδη ιζήματα επικρατέστερη είναι η καστανόχροη μαργαϊκή άργιλος και ακολουθεί η ερυθρή άργιλος. Η φαιά μάργα επικρατεί κυρίως σε γεωτρήσεις που έγιναν κοντά στην παραλία και ακολουθούν με σειρά αφθονίας η καστανόχροη, η κίτρινη και τέλος η ερυθρή. Τα χρώματα των αργιλωδών ιζημάτων στην περιοχή είναι χαρακτηριστικό της φάσης τους. Το καστανό και ερυθρό χρώμα προσδιορίζει γενικά χερσαία φάση. Τέτοιου είδους αργιλώδη ιζήματα απαντούν περισσότερο προς το εσωτερικό της πεδιάδας με ανάλογη αύξηση των αδρομερών υλικών όπως τα χαλίκια, οι κροκάλες και ασβεστολιθικά συγκρίματα. Το φαιό χρώμα απαντά κυρίως στις νότιες ερευνητικές γεωτρήσεις που γειτονεύουν στην ακτή, συνοδεύεται από θαλάσσια πανίδα, άμμο και σπάνια από κλαστικά υλικά. Ο ρόλος του κίτρινου χρώματος δεν έχει αποσαφηνιστεί.

Τα κλαστικά ασύνδετα ιζήματα παρουσιάζουν σημαντική εξάπλωση και αποτελούνται από άμμο, χαλίκια, ψηφίδες και κροκάλες. Τα ιζήματα αυτά απαντούν είτε σε καθαρή μορφή είτε αναμειγμένα με πάσης φύσεως αργιλικά υλικά και στην πρώτη περίπτωση αποτελούν τα κατ' εξοχήν υδροφόρα στρώματα. Η καθαρή άμμος είναι εξ' ολοκλήρου πυριτική, αφθονεί περισσότερο στις πρώτες ερευνητικές

γεωτρήσεις (νότια) και είναι ισχυρό υδροφόρο στρώμα. Τη μεγαλύτερη εξάπλωση σε αυτή την κατηγορία των ιζημάτων παρουσιάζουν οι χάλικες που αποτελούν ισχυρά υδροφόρα στρώματα. Σημαντική εξάπλωση καταλαμβάνουν επίσης και οι ασβεστολιθικές ψηφίδες. Οι χάλικες και οι ψηφίδες είναι σχεδόν πάντοτε αποστρογγυλεμένες και έχουν ανθρακική σύσταση. Μικρότερη εξάπλωση από τα χαλίκια παρουσιάζουν οι κροκάλες οι οποίες απαντούν σχεδόν πάντα σε καθαρή μορφή και αποτελούν άριστα υδροφόρα στρώματα. Τα κλαστικά υλικά είναι σχεδόν εξ' ολοκλήρου αποστρογγυλεμένα, γεγονός που μπορεί να αποδοθεί εκτός από την παρουσία των χειμάρρων και στην παρουσία των Πλειοκαινικών κροκαλοπαγών που αναπτύσσονται στα Β και ΒΔ περιθώρια της πεδιάδας.

Στα κλαστικά συνδεδεμένα ιζήματα εντάσσονται οι ψαμμίτες, τα ψηφιδωπαγή, τα χαλικοπαγή, τα κροκαλοπαγή. Αποτελούν και αυτά τα κατ' εξοχήν υδροφόρα στρώματα αλλά όχι τόσο ισχυρά όσο τα προηγούμενα υλικά τα οποία βρίσκονται σε καθαρή μορφή. Καταλαμβάνουν σημαντική έκταση στο Αργολικό πεδίο και η υδροφορία τους εξαρτάται από το είδος του συνδετικού υλικού.

Τα χημικά ιζήματα αντιπροσωπεύονται από τα ασβεστολιθικά συγκρίματα. Είναι αρκετά διαδεδομένα και απαντούν σε ποικίλες μορφές, άλλοτε σαν συγκεχυμένα συγκρίματα εντός αργιλωδών συγκριμάτων δίνοντας μια θρομβώδη υφή στη μάργα, άλλοτε σε μορφή ευδιάκριτων μικρών συγκριμάτων μεγέθους 2-10 mm και άλλοτε σε μορφή συμφυρμάτων, με απολιθώματα, μεγέθους έως 5 cm τα οποία δεν είναι πάντα ασβεστολιθικά αλλά και ψαμμιτικά. Τέλος απαντούν υπό μορφή ενιαίου στρώματος αποτελούμενου από πωρόλιθο. Τη μεγαλύτερη εξάπλωση εμφανίζουν τα ασβεστολιθικά συγκρίματα σε καθαρή μορφή και στη συνέχεια ακολουθεί ο πωρόλιθος, ο οποίος σχηματίζει στρώματα σημαντικής έκτασης. Δεν παρατηρήθηκαν ασβεστολιθικά συγκρίματα μέσα σε φαιά αργιλώδη πετρώματα.

Τα οργανικά – βιοκλαστικά ιζήματα περιλαμβάνουν την τύρφη, τους κοραλλιογενείς ορίζοντες και τις τράπεζες ελασματοβραγχίων. Αυτά παρ' ότι παρουσιάζουν περιορισμένη ανάπτυξη στο Αργολικό πεδίο, αποτελούν αντιπροσωπευτικές φάσεις. Η τύρφη παρουσιάζει σημαντική εξάπλωση σε βάθη από την επιφάνεια μέχρι 60 m σε εναλλαγές με αργιλώδη πετρώματα. Αναπτύσσεται κυρίως στην περιοχή με κέντρο βάρους το βάλτο και δεν είναι εκμεταλλεύσιμη. Οι

κοραλλιογενείς ορίζοντες απαντούν σε μεμονωμένες γεωτρήσεις κοντά στην παραλία σε βάθη που κυμαίνονται από 22 έως 45 m περίπου. Οι τράπεζες ελασματοβραγχιών παρουσιάζουν περιορισμένη ανάπτυξη και αποτελούνται από ευμεγέθη κελύφη *Ostrea* συνδεδεμένα με μαργαϊκό συνδετικό υλικό και άμμο.

Το αλπικό υπόβαθρο της Αργολικής πεδιάδας αποτελείται στην πλειοψηφία του από φλύσχη και τοπικά από μεσοζωικό ασβεστόλιθο και πιθανώς Νεογενή κροκαλοπαγή.

3.5. Τεκτονική

Το χαρακτηριστικό της αλπικής τεκτονικής δομής είναι η διαδοχική επώθηση των διαφόρων ενοτήτων με φορά από ανατολικά προς τα δυτικά. Οι Τάταρης και Καλλέργης (1965) από τη μελέτη γραμμών ολισθήσεων διαπίστωσαν ότι οι τεκτονικές οριζόντιες κινήσεις έλαβαν χώρα από ΒΑ προς ΝΔ.

Στη στενή περιοχή του Αργολικού πεδίου διάφορα τεκτονικά στοιχεία έχουν μελετηθεί σε παλαιότερες εργασίες (Θεοδωρόπουλος, Ζαμάνη 1974). Χαρακτηριστικό της δομής αυτής είναι τα τεκτονικά ράκη που έχουν δημιουργηθεί στην ανατολική κυρίως πλευρά του Αργολικού πεδίου. Η ρηξιγενής τεκτονική έχει δημιουργήσει ρήγματα με κύριες διευθύνσεις ΒΔ-ΝΑ και ΒΑ-ΝΔ. Τα πρώτα είναι στην πλειοψηφία τους κανονικά ρήγματα ενώ στα δεύτερα είναι πιο εμφανής η οριζόντια μετατόπιση.

Διακρίνονται δύο κύριες πτυχογόνες παραμορφωτικές φάσεις, η Νεοκιμμερική αποτυπωμένη στους Τριαδικούς και Ιουρασικούς ασβεστόλιθους των ανατολικών παρυφών της πεδιάδας η οποία έδωσε πτυχές με διεύθυνση ΒΑ-ΝΔ και η Λαραμική ή Πυρηναϊκή που είναι αποτυπωμένη στους Κρητιδικούς ασβεστόλιθους με πτυχές διεύθυνσης ΒΔ-ΝΑ.

Η μεταλπική τεκτονική χαρακτηρίζεται από κατακόρυφες κινήσεις, διαρρήξεις, καταβυθίσεις και εξάρσεις, που είχαν σαν αποτέλεσμα τη δημιουργία ρηξιγενών βυθισμάτων και εξάρσεων οι οποίες συνέβαλαν στη δημιουργία του βυθίσματος του Αργολικού πεδίου καθώς και επιμέρους βυθισμάτων. Επίσης οι κατακόρυφες και

ευστατικές κινήσεις του Τεταρτογενούς είχαν σαν αποτέλεσμα τη μετατόπιση του επιπέδου βάσης του καρστ και συνεπώς είναι υπεύθυνες για τη δημιουργία του υποθαλάσσιου μετώπου των πηγών του Αναβάλου. Οι υποθαλάσσιες πηγές σε βάθος μέχρι και 80 m (Ανάβαλος Άστρους) οι παλιές χερσαίες αναβαθμίδες και ίχνη λιθοφάγων σε διάφορα υψόμετρα (2-5 m, 50 m και 60 m) δείχνουν ότι οι κατακόρυφες κινήσεις που έλαβαν χώρα στην περιοχή είναι της τάξεως των 150 m (Δάλλας κ.α. 1973)

Ο ορεινός όγκος Τραπεζώνας – Αραχναίου έχει τεμαχιστεί από ισχυρά ρήγματα διεύθυνσης περίπου Α-Δ με μεταπτώσεις προς το νότο. Οι δε λόφοι βόρεια του Ναυπλίου είναι τεκτονικά ράκη από πτυχωμένους ασβεστόλιθους με πτυχές διεύθυνσης Α-Δ έως ΒΔ (Τάταρης και Καλλέργης 1987).

4. ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ

4.1. Υδροφόροι ορίζοντες

Οι Τεταρτογενείς αποθέσεις όπως περιγράφηκαν περιέχουν μέσα σε αργιλικά ιζήματα (άργιλο μαργαϊκή άργιλο και μάργα) εκτεταμένα στρώματα από κλαστικά υλικά όπως άμμοι, ψηφίδες, χαλίκια, κροκάλες, ψαμμίτες – ψηφιδοπαγή, χαλικοπαγή. Τα κλαστικά αυτά ιζήματα κυρίως όταν είναι καθαρά και όχι αναμεμειγμένα με αργίλους, δομούν τους υδροφόρους ορίζοντες του Αργολικού πεδίου.

4.2. Πηγαία ύδατα

Στην ευρύτερη περιοχή της Αργολίδας εμφανίζεται μια πληθώρα πηγών οι σημαντικότερες από τις οποίες είναι το Κεφαλάρι, η Λέρνη, η Κρόη ή Αμυμώνη, **οι πηγές του Κιβερίου** και άλλες μικρότερης σημασίας όπως η Δούκα βρύση, η Φλέβα Ανδρίτσας, η πηγή Κεφαλόβρυσο (Κεφαλόβρυσου), Κεφαλόβρυσο (Φρουσιούνας), οι πηγές Αχλαδόκαμπου (Εκκλησία και Κάτω), οι πηγές Ίναχου Νεοχωρίου και οι πηγές Γκούρα Καπαρελίου.

Πολλές από αυτές είναι τοπικού ενδιαφέροντος γιατί τα νερά τους χρησιμοποιούνται για αρδευτικούς και αρδευτικούς σκοπούς από τις διάφορες κοινότητες που γειτονεύουν. Οι πηγές όμως που αποτελούν βασικές συνιστώσες του υδατικού δυναμικού του Αργολικού πεδίου από πλευράς παροχής, ποιότητας και θέσης είναι αυτές του Κεφαλαρίου, της Λέρνης, της Κρόης και του Κιβερίου.

5. ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ

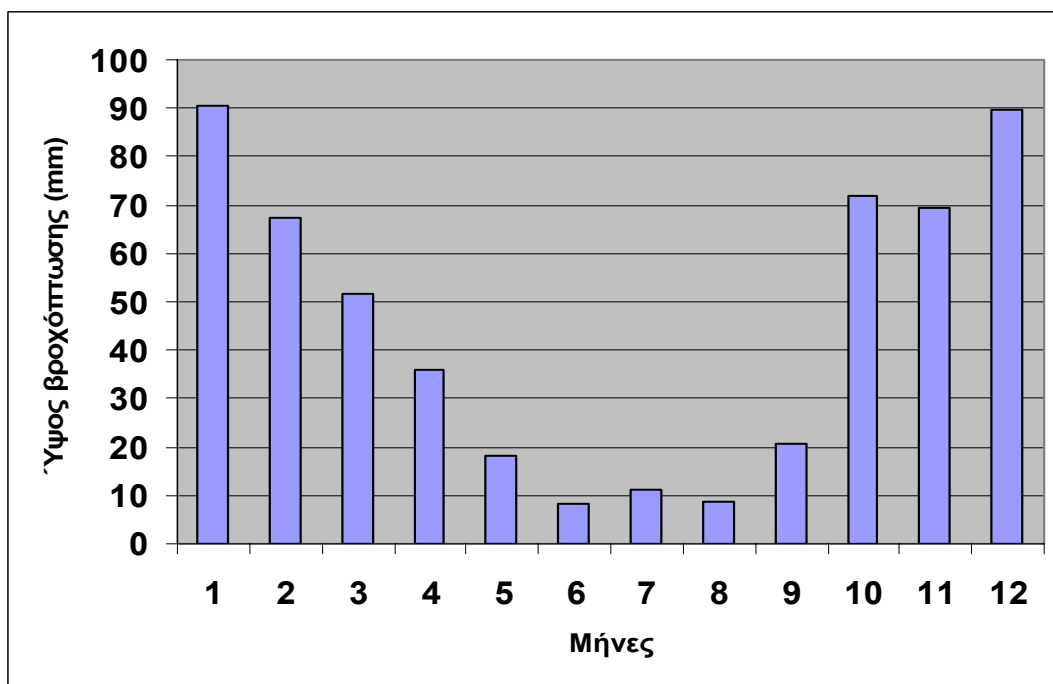
Το κλίμα της περιοχής είναι σε γενικές γραμμές Μεσογειακό, βασικά χαρακτηριστικά του οποίου είναι το ξηρό και θερμό καλοκαίρι και ο ήπιος και βροχερός χειμώνας. Ο Μαριόπουλος αναφέρει χαρακτηριστικά για το κλίμα της Αργολίδας : «Η Αργολίδα βρίσκεται στην Ανατολική Πελοπόννησο, ανατολικά της οροσειράς των Αργολιδοαρκαδικών βουνών και για αυτό έχει κλίμα ξηρό με μικρές βροχοπτώσεις. Υπολογίζεται μαζί με την Αττική μεταξύ των πλέον ξηρών περιοχών, που έχουν επίσης τις περισσότερες ηλιόλουστες μέρες του χρόνου από όλη την Ελλάδα.

Στον Πίνακα 2 (ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ) παρουσιάζεται το ετήσιο ύψος βροχόπτωσης σε 17 σταθμούς της ευρύτερης περιοχής (Άργος, Σκαφιδάκι, Κιβέρι, Καρυά, Κεφαλόβρυσο, Στέρνα, Αχλαδόκαμπος, Τρίπολη, Λεβίδι, Αγ. Τριάδα, Αμυγδαλίτσα, Αραχναίο, Ασίνη, Φίχτια, Λυγουριό, Μερκούρι, Ναύπλιο, Ν. Ροεινό, Προσύμνη).

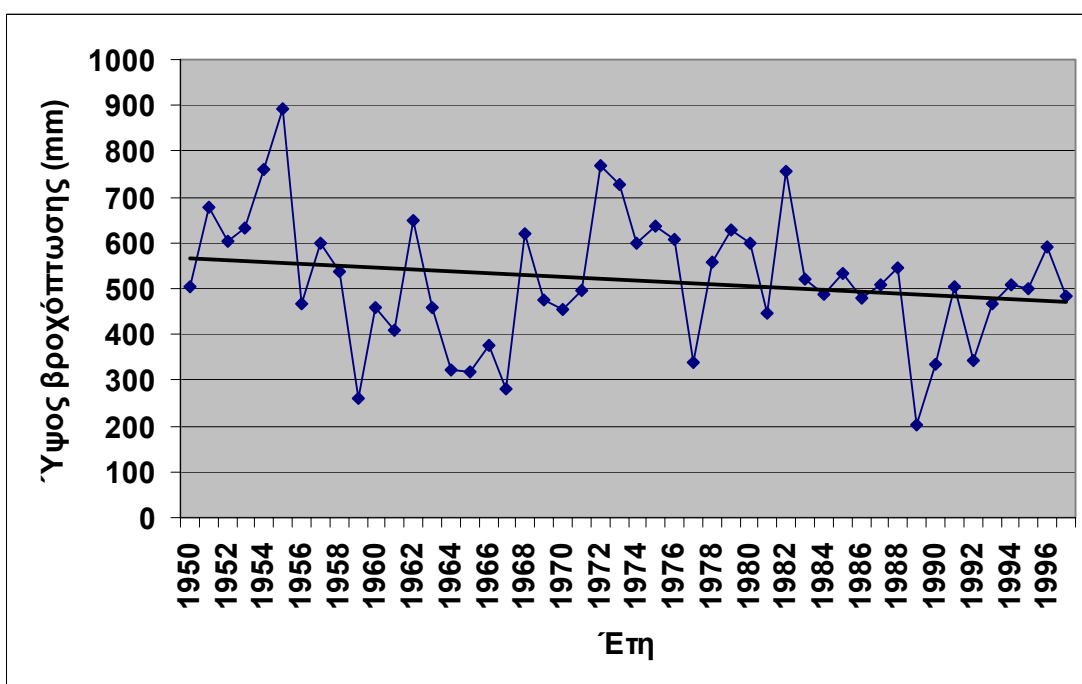
Όσον αφορά στη βροχόπτωση, οι Tavitian, Τάταρης και Παπαγεωργόπουλος (1994) κατέληξαν σε ένα τύπο που δίνει το ύψος βροχόπτωσης (x σε mm) συναρτήσει του υψομέτρου (y σε m) και είναι ο εξής : $x = 0.5047 y + 498.25$

Σύμφωνα πάντως με τον Πίνακα 2, το ετήσιο ύψος υετού κυμαίνεται στο πλαίσιο των 400-1100 mm. Ο κύριος όγκος των βροχοπτώσεων παρατηρείται κατά την περίοδο Οκτωβρίου - Μαρτίου. Στα υψόμετρα πάνω από 1500 μέτρα (Αρτεμίσιο, Ζήρεια, Κτενιάς) υπάρχει αρκετή χιονοκάλυψη μέχρι και το Μάρτιο. Η τήξη του χιονιού εξασφαλίζει σημαντική παράταση της τροφοδοσίας του καρστ σε νερό. Επίσης βάση των βροχομετρικών στοιχείων βλέπουμε ότι το σύνολο σχεδόν της ζώνης τροφοδοσίας της πηγής Αναβάλου βρίσκεται ΒΔ/κά της ισοϋέτιας των 500 mm.

Ο μήνας με τη μεγαλύτερη βροχόπτωση είναι ο Ιανουάριος. Στο Σχήμα 2 φαίνεται η ενδοετήσια μεταβολή της βροχόπτωσης στο πλησιέστερο βροχομετρικό σταθμό του Κιβερίου και στο Σχήμα 3 η διακύμανση του ετήσιου ύψους βροχόπτωσης στο σταθμό του Ναυπλίου την περίοδο 1960-1997.



Σχήμα 2. Ενδοετήσια μεταβολή του ύψους βροχόπτωσης (mm) στο μετεωρολογικό σταθμό Κιβερίου.



Σχήμα 3. Διακύμανση ετήσιου ύψους βροχοπτώσεων (mm) στο μετεωρολογικό σταθμό Ναυπλίου.

Μελετώντας τα παραπάνω σχήματα διαπιστώνουμε τα εξής:

- Όσον αφορά στην ενδοετήσια διακύμανση της βροχόπτωσης, αυτή παρουσιάζει τη μέγιστη τιμή της κατά τους μήνες Δεκέμβρη και Ιανουάριο.

- Για την περίοδο 1950 – 1997 παρατηρούμε πως εντονότερες βροχοπτώσεις είχαμε την περίοδο εμφανίζονται κατά διαστήματα περίπου έξι ετών, ενώ αντιθέτως το μικρότερο ύψος βροχοπτώσεων ήταν τα έτη 1958, 1967 και 1989. Γενικά πάντως μπορεί να αναφερθεί ότι σε αυτή την περίοδο των 50 σχεδόν ετών παρατηρείται μια μικρή μείωση των βροχοπτώσεων.

6. ΟΙ ΠΗΓΕΣ ΤΟΥ ΚΙΒΕΡΙΟΥ (ΑΝΑΒΑΛΟΥ)

6.1. Γεωλογικό πλαίσιο της ευρύτερης περιοχής των πηγών Κιβερίου (Αναβάλου)

6.1.1. Αλπικοί σχηματισμοί

Σύμφωνα με τους C. Tavitian, Λ. Τηνιακό και Γ. Παπαγεωργόπουλο, η περιοχή μελέτης έχει σαν υπόβαθρο τους σχηματισμούς της ενότητας φυλλιτών – χαλαζιτών που εμφανίζονται βόρεια και νότια της περιοχής αυτής. Πάνω στους σχηματισμούς αυτούς έχουν επωθηθεί τα ανθρακικά πετρώματα της ζώνης Τριπόλεως. Πάνω από αυτά βρίσκεται ο φλύσχη, η ηλικία του οποίου είναι Μέσου Ηωκαίνου – Άνω Ολιγοκαίνου.

Οι σχηματισμοί της ζώνης Πίνδου επωθούνται πάνω στο φλύσχη της ζώνης Τριπόλεως και έχουν ηλικία Άνωτριάδική – Ηωκαινική. Υπάρχει επίσης επωθημένη και μία μικρή εμφάνιση οφιολιθικών σωμάτων ΒΒΔ του Άργους. Οι σχηματισμοί που ανήκουν στη ζώνη Πίνδου περιλαμβάνουν ασβεστόλιθους σε εναλλαγές με λεπτά στρώματα από αργιλικούς σχιστόλιθους και κερατόλιθους, ραδιολαρίτες (υποκείμενους των ασβεστόλιθων) και ιζήματα του φλύσχη. Οι καρστικές πηγές της περιοχής μελέτης εκφορτίζονται από τους ασβεστόλιθους αυτούς.

Θα πρέπει να αναφερθεί ότι τα πετρώματα της ζώνης Τρίπολης είναι επωθημένα ως κάλυμμα πάνω στο σχηματισμό των Plattenkalk (Jacobshagen 1976). Εκεί πάνω λοιπόν είναι επωθημένα με τη σειρά τους τα καλύμματα της Πίνδου και της Πελαγονικής.

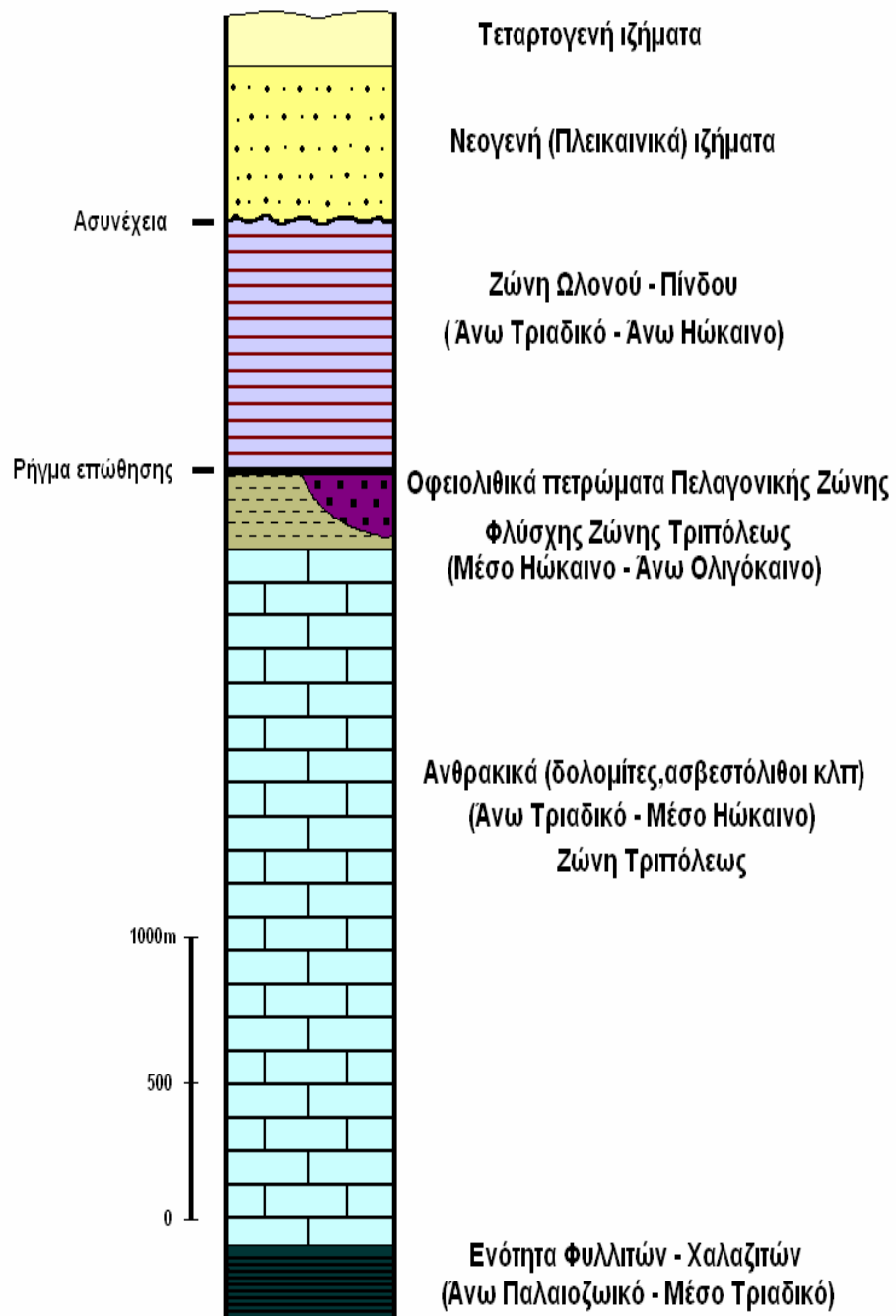
6.1.2. Μεταλπικοί σχηματισμοί

Προχωρώντας προς τα πάνω στη στρωματογραφική στήλη της περιοχής συναντάται τους μεταλπικούς σχηματισμούς που αποτελούνται από Πλειοκαινικά ιζήματα, μεγάλου πάχους, καθώς και τεταρτογενείς αποθέσεις που καλύπτουν τα οροπέδια και τις λεκάνες της ενδοχώρας του Αργολικού πεδίου.

6.1.3. Τεκτονική

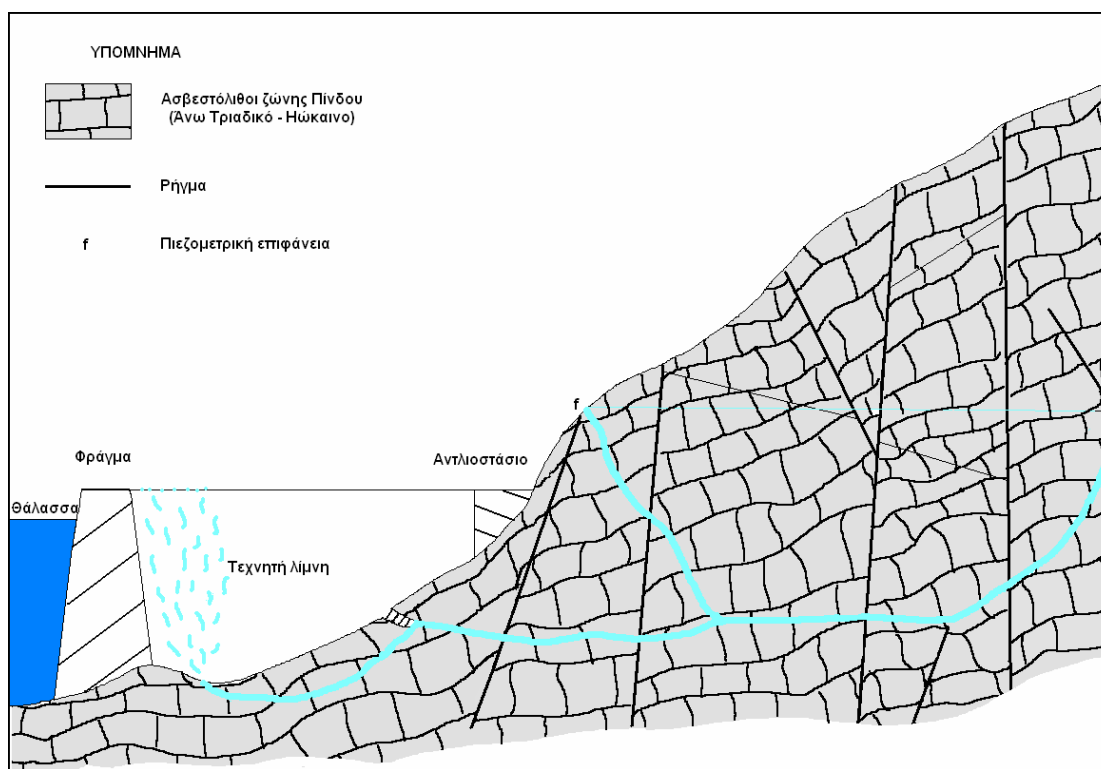
Η περιοχή εμφανίζει έντονη τεκτονική. Αρχικά οι επωθήσεις των ζωνών κατά την Αλπική ορογένεση και στη συνέχεια μεταγενέστερες, έντονες μετατοπίσεις, κάθετες και πλευρικές, προκάλεσαν τον κατακερματισμό των σχηματισμών με ρήγμα και διακλάσεις. Κατά τη διάρκεια Πλειόκαινου – Πλειστόκαινου επαναδραστηριοποιούνται παλιά ρήγματα με αποτέλεσμα το διαμελισμό της περιοχής και τη δημιουργία τεκτονικών τάφρων και κεράτων. Κατά το Τεταρτογενές, επίσης, υπήρξαν ανοδικές κινήσεις, τις οποίες υποδηλώνουν οι εμφανίσεις των Νεογενών σχηματισμών στις παρυφές αλλά και σε μεγαλύτερα υψόμετρα του Αργολικού πεδίου. Υπήρξαν όμως και καθοδικές κινήσεις κατά το Πλειστόκαινο – Ολόκαινο στη νοτιοανατολική ακτή της Πελοποννήσου που φαίνονται από την ύπαρξη του βυθισμένου καρστ στην περιοχή νότια του Κιβερίου.

Σχήμα 4. Λιθοστρωματογραφική στήλη της ευρύτερης περιοχής των πηγών Κιβερίου (Αναβάλου)



6.2. Χαρακτηριστικά των πηγών Κιβερίου (Αναβάλου)

Είναι μια ομάδα καρστικών πηγών που εκβάλλουν σε απόλυτο υψόμετρο μεταξύ 0,25 και -0,75 m και χαρακτηρίζονται στο σύνολό τους ως υποθαλάσσιες πηγές. Πηγάζουν από καρστικούς Κρητιδικούς ασβεστόλιθους της ενότητας της Πίνδου. Όπως διαπιστώθηκε από μια σειρά γεωτρήσεων που έγιναν ανάντη της πηγής στο δρόμο Άργος – Άστρος η καρστικοποίηση φτάνει σε απόλυτο βάθος -15 m (Παπαδάκης, 1966). Μέχρι το 1970 οι πηγές αυτές έρεαν ελεύθερα στη θάλασσα. Από το 1970 και μετά ρέουν μέσα σε ημικυκλικό φράγμα. Η κατασκευή του φράγματος αυτού αποσκοπούσε στην προστασία των πηγαίων νερών από την απ' ευθείας ανάμειξή τους με το θαλασσινό νερό, στην ευκολότερη υδρομάστευση των πηγαίων νερών και σε πιθανή βελτίωση της ποιότητάς τους με τη διατήρηση μιας σχετικά ανυψωμένης στάθμης μέσα στο χώρο του φράγματος.

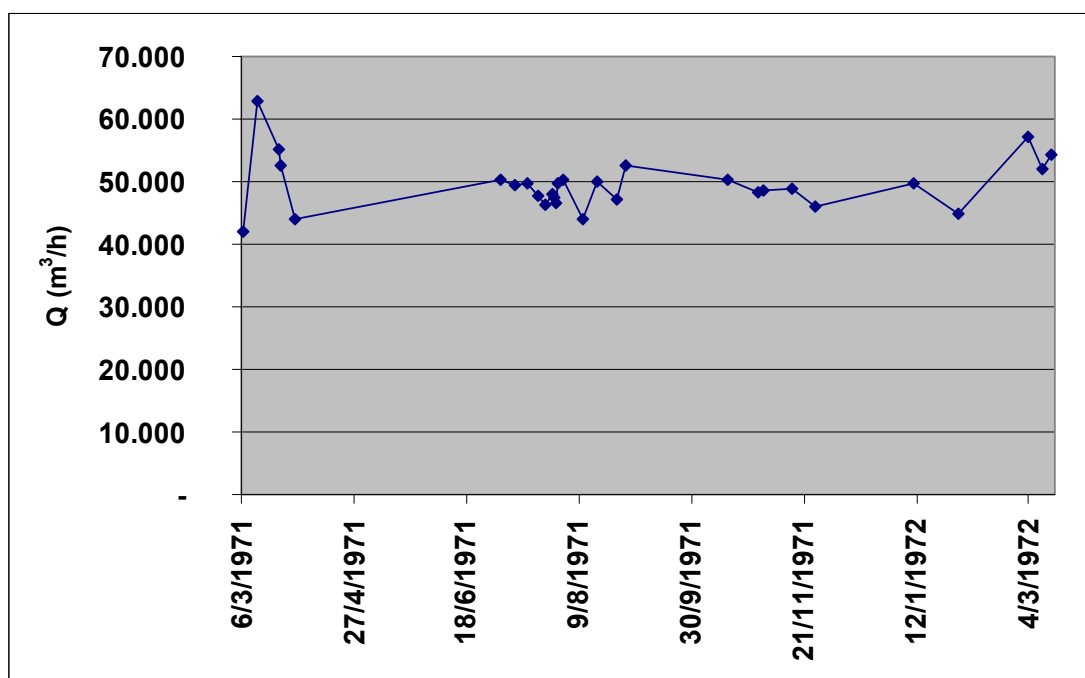


Σχήμα 5. Γεωλογική τομή περιοχής Αναβάλου – Μηχανισμός λειτουργίας πηγών.

Η περιοχή τροφοδοσίας του γλυκού νερού εντοπίζεται στους ασβεστόλιθους που βρίσκονται 30 km βορειοδυτικά του Άργους (βόρεια-κεντρική Πελοπόννησος) σε υψόμετρα μεταξύ των 1000 και 1500 m υποδεικνύοντας την ορεογραφική επίδραση στα κατακρημνίσματα. Διάφορα πειράματα ιχνηθέτησης που λαμβάνουν χώρα από το

1965 έχουν δείξει άμεση υδραυλική σχέση μεταξύ της πηγής και των τεσσάρων καταβόθρων (Κανάτα, Μηλέα, Κάψια και Νεστάνη) βόρεια της Τρίπολης.

Μετρήσεις παροχών στην πηγή αυτή είναι δύσκολο να γίνουν και τα μόνα στοιχεία που υπάρχουν είναι από την περίοδο 1970-71 όταν το φράγμα ήταν καινούργιο και οι θυρίδες του λειτουργούσαν καλά. Οι παροχές αυτές παρουσιάζονται στον Πίνακα 1 (ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ). Από τον Πίνακα αυτό προκύπτει ότι η μέση παροχή των πηγών αυτών ανέρχεται σε 13,58 m³/sec. Υπάρχουν όμως και αμφιβολίες όσον αφορά στο μέγεθός της και τη σταθερότητά της στη διάρκεια του έτους ή ακόμη και στη διακύμανση της από έτος σε έτος. Ακολουθεί σχηματική απεικόνιση των παροχών της πηγής.



Σχήμα 6. Διάγραμμα παροχών πηγής Αναβάλου κατά την περίοδο 1971-1972.

Η παροχή, όπως φαίνεται και στο Σχήμα 6, παίρνει τις μεγαλύτερες τιμές της συνήθως το μήνα Μάρτη στο τέλος δηλαδή της υγρής περιόδου. Μείωση εμφανίζεται κυρίως κατά τους θερινούς μήνες και συγκεκριμένα τον Αύγουστο ,αλλά και το Σεπτέμβρη, όταν τελειώνει δηλαδή η ξηρή περίοδος ,κατά τη διάρκεια της οποίας έχουμε ελάχιστες βροχοπτώσεις.

6.3. Χημική ανάλυση νερών των πηγών Κιβερίου (Αναβάλου)

Αναλυτικοί πίνακες με όλα τα δεδομένα των χημικών αναλύσεων παρουσιάζονται στο ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ. Παρακάτω παρατίθεται διαγραμματική απεικόνιση των δεδομένων αυτών με τη χρήση των Ακτινωτών διαγραμμάτων καθώς και των διαγραμμάτων Piper και Schoeller. Ο έλεγχος των αποτελεσμάτων των αναλύσεων έγινε με τον υπολογισμό του σφάλματος ισοζυγίου κατιόντων και ανιόντων. Το σφάλμα εκφράζεται από τη διαφορά τους σαν ποσοστό επί τοις εκατό :

$$\text{Σφάλμα ισοζυγίου} = (\Sigma \text{ κατ.} - \Sigma \text{ ανιον.}) / (\Sigma \text{ κατ.} + \Sigma \text{ ανιον.})$$

Από τη μελέτη των δεδομένων και με τη βοήθεια των διαγραμμάτων συμπεραίνουμε τα εξής :

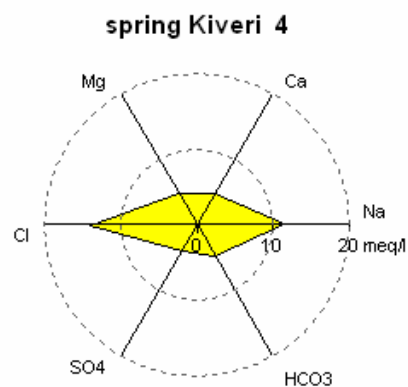
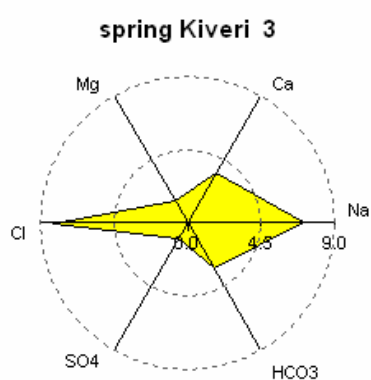
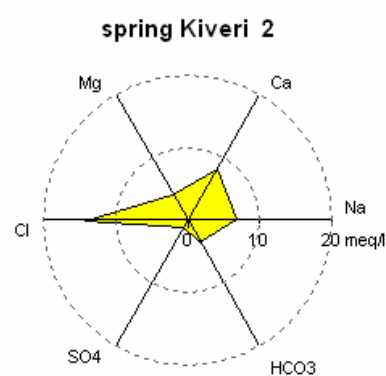
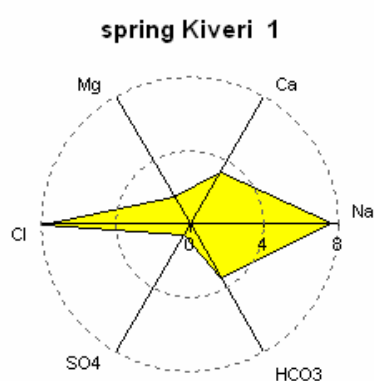
- Επικρατούν ανιόν είναι αυτό του Cl^- ενώ ακολουθεί το HCO_3^- .
- Επικρατούν κατιόν είναι το Na^+ .
- Οι τιμές της αγωγιμότητας κυμαίνονται μεταξύ 1380 και 2030 $\mu\text{S}/\text{cm}$.
- Το pH υπερβαίνει το 7.5 και μάλιστα η τιμή του κυμαίνεται κυρίως γύρω από το 8, υποδηλώνοντας έτσι την αλκαλική συμπεριφορά και τη γρήγορη ανανέωση των πηγών.
- Χαμηλές τιμές εμφανίζουν το K^+ και το NO_3^- .

6.3.1. Διαγραμματική απεικόνιση στοιχείων από τη χημική ανάλυση

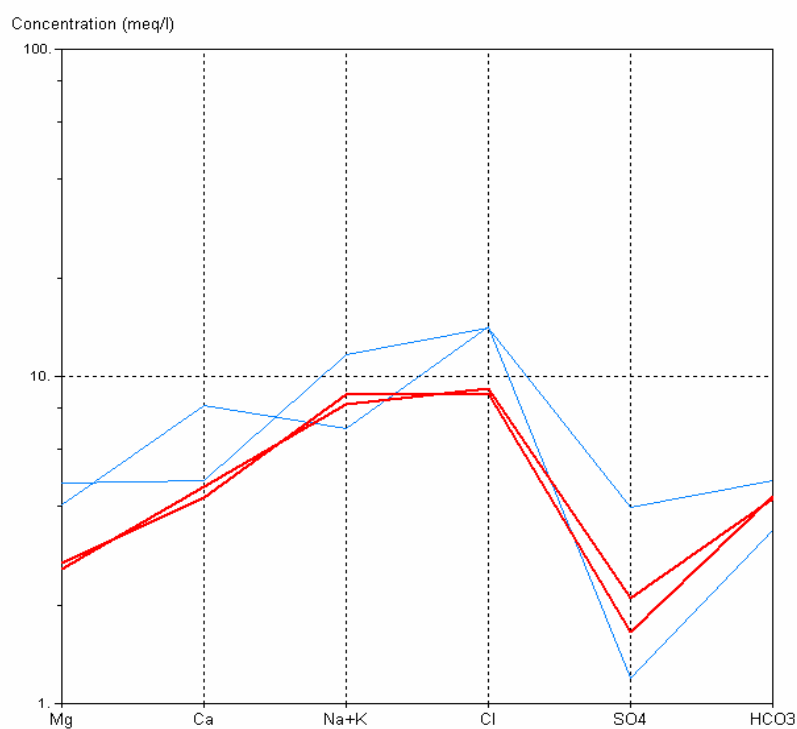
Ακτινωτά (Radial) διαγράμματα

Τύπος νερού βάση των διαγραμμάτων :

- spring Kiberi 1 (Ιούνιος 1992) → Na – Ca – Mg – Cl – HCO₃
- spring Kiberi 2 (Οκτώβριος 1992) → Ca – Na – Mg – Cl
- spring Kiberi 3 (Ιούνιος 1993) → Na – Ca – Cl – HCO₃
- spring Kiberi 4 (Οκτώβριος 1993) → Na – Ca – Cl – HCO₃

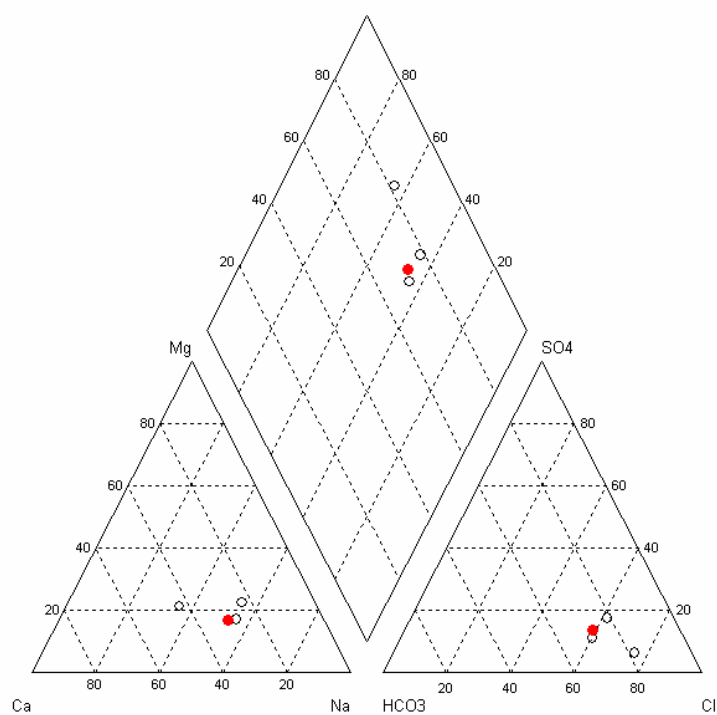


Διάγραμμα Schoeller



Διάγραμμα Piper

Η θέση των σημείων στο διάγραμμα Piper υποδηλώνει ότι ο τύπος νερού είναι χλωριούχο – νατριούχος ($\text{Na}^+ - \text{Cl}^-$).

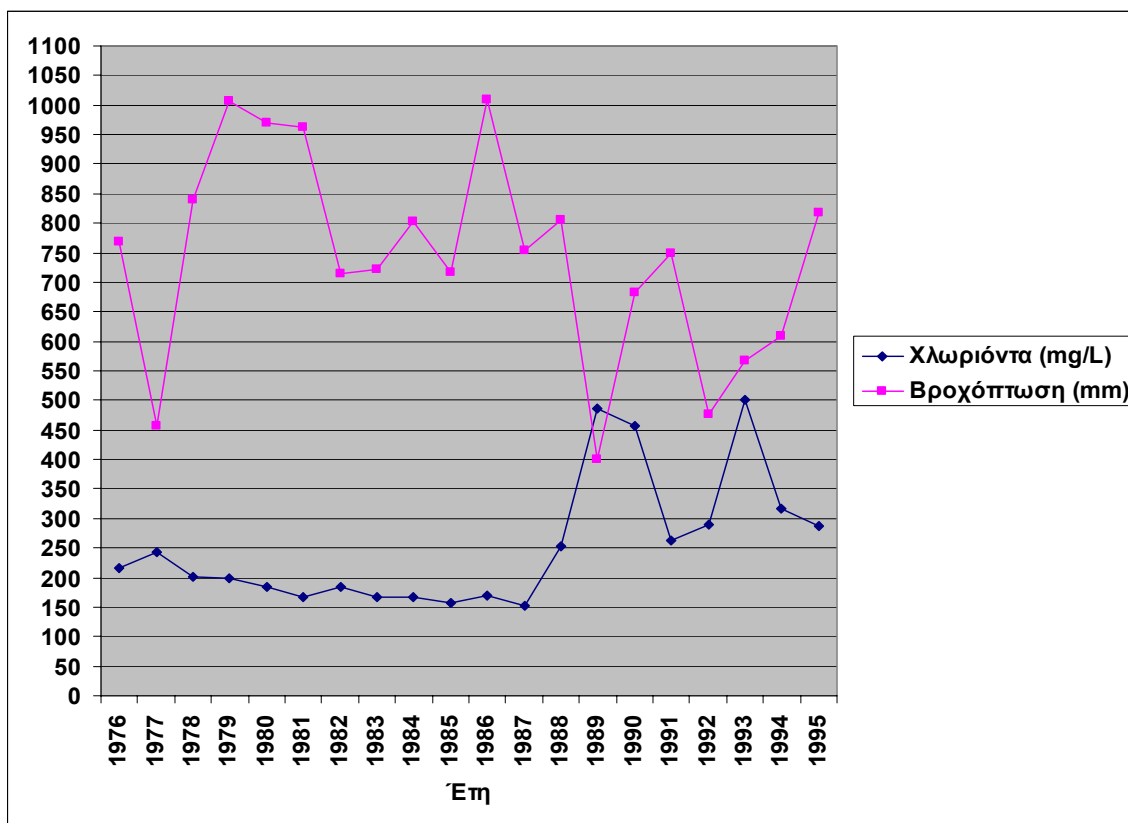


6.2. Ποιότητα των νερών των πηγών

Από τις χημικές αναλύσεις που έχουν λάβει χώρα μέχρι στιγμής φαίνεται ότι το νερό της καρστικής υποθαλάσσιας πηγής Αναβάλου Κιβερίου Αργολίδας παρουσιάζει σημαντικές εποχιακές διακυμάνσεις της περιεκτικότητας σε χλωρίοντα, που έχουν σχέση με το ύψος νετού της περιοχής τροφοδοσίας της.

Συγκεκριμένα η περιεκτικότητα σε χλώριο στα νερά των πηγών είναι αντιστρόφως ανάλογη των κατακρημνισμάτων της περιοχής τροφοδοσίας όπως μπορούμε να διαπιστώσουμε από το Σχήμα 3. Η περιεκτικότητα σε χλωρίοντα τριπλασιάζεται κατά τις εποχές ξηρασίας λόγω μειωμένης τροφοδοσίας της πηγής, η οποία έχει σαν αποτέλεσμα την είσοδο θαλασσινού νερού δια μέσου των υπογείων καρστικών καναλιών. Σύμφωνα δε, με τον Τηνιακό (2001) ο τύπος που δίνει τη σχέση μεταξύ βροχόπτωσης και περιεκτικότητας σε χλωρίοντα είναι ο παρακάτω : $y = 0.0419e^{50/x}$ (όπου y είναι η περιεκτικότητα της πηγής σε χλωρίοντα σε meq/lit και x είναι το ύψος των κατακρημνισμάτων σε mm, για την περίοδο Ιανουαρίου – Μαρτίου στο μετεωρολογικό σταθμό της Τρίπολης).

Δεδομένα της ποιότητας του νερού της πηγής παρουσιάζονται στον Πίνακα 2 (ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ). Ο Πίνακας 2 παρουσιάζει χημικές αναλύσεις σε κύρια ιόντα και κατιόντα που έγιναν στο Εργαστήριο Γεωργικής Υδραυλικής του Γ.Π.Α. ενώ ο Πίνακας 3 παρουσιάζει όλους τους προσδιορισμούς περιεκτικότητας του νερού αυτού σε Cl^- , που έγιναν από την Υ.Ε.Β. Αργολίδας και από το παραπάνω εργαστήριο. Οι προσδιορισμοί Cl^- παρουσιάζονται γραφικά στο Σχήμα 7 σε σχέση με τις βροχοπτώσεις στο οροπέδιο της Τρίπολης. Οι προσδιορισμοί των Cl^- συγκεντρώνονται στην πλειοψηφία τους την περίοδο 1990-95 κατά την οποία η παρακολούθηση της ποιότητας του νερού ήταν συστηματική. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι οι συγκεντρώσεις Cl^- που προσδιορίστηκαν την περίοδο 1976-87 είναι γενικά μικρότερες από αυτές της περιόδου 1990-95 ιδιαίτερα κατά τους θερινούς μήνες. Η διαφορά αυτή δεν μπορεί να εξηγηθεί προς το παρόν.



Σχήμα 7. Διακύμανση χλωριόντων πηγής Αναβάλου σε σχέση με το ύψος βροχόπτωσης στην περιοχή τροφοδοσίας της (Τρίπολη)

7. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στην παρούσα διπλωματική εργασία μελετήθηκαν τα γεωλογικά, υδρογεωλογικά και υδρολογικά χαρακτηριστικά της ευρύτερης περιοχής του Κιβερίου στο Αργολικό πεδίο, όπου εντοπίζονται οι υποθαλάσσιες πηγές του Αναβάλου. Τα συμπεράσματα συνοψίζονται ως εξής:

- Το Αργολικό πεδίο αποτελείται από διάφορους γεωλογικούς σχηματισμούς με τις ανώτερες τεταρτογενείς αποθέσεις να φιλοξενούν πλούσια υδροφόρα στρώματα. Κυρίαρχη θέση καταλαμβάνουν τα ανθρακικά πετρώματα, τα οποία είναι καρστικοποιημένα. Οι υδροφόροι που αναπτύσσονται στα ανθρακικά πετρώματα εκφορτίζονται διαμέσου καρστικών πηγών, όπως αυτές του Κιβερίου (Ανάβαλος).
- Η περιοχή χαρακτηρίζεται από Μεσογειακό κλίμα με ξηρό, θερμό καλοκαίρι και ήπιο, βροχερό χειμώνα. Τα μεγαλύτερα ύψη βροχοπτώσεων σημειώνονται κατά τους μήνες Δεκέμβριο και Ιανουάριο. Το μέσο ετήσιο ύψος βροχόπτωσης ανέρχεται σε 1000 mm.
- Η πηγή Κιβερίου είναι μια καρστική υποθαλάσσια πηγή η οποία αναδύεται κοντά στην ακτή και συνδέεται υδραυλικά με τα βουνά της Τρίπολης. Γεωργικές και άλλου είδους ανθρώπινες δραστηριότητες συμβάλλουν στη μόλυνση των πηγαίων υδάτων, τα οποία όμως παραμένουν εκμεταλλεύσιμα λόγω της υψηλής διάλυσης που παρουσιάζουν.
- Από την επεξεργασία όλων των διαθέσιμων μετρήσεων παροχής της πηγής του Αναβάλου προκύπτει ότι η μέση παροχή της πηγής είναι της τάξης των 13 m³/sec. Τα όρια διακύμανσης είναι 35.000 έως 46.000 m³/h. Οι μέγιστες τιμές της σχετίζονται με τα αυξημένα ύψη βροχόπτωσης στην περιοχή τροφοδοσίας της (όρη Τρίπολης).
- Με βάση τα ποιοτικά χαρακτηριστικά ο τύπος νερού των πηγών σύμφωνα με χημικές αναλύσεις είναι χλωριούχο – νατρίου (Na⁺ - Cl⁻). Η περιεκτικότητα των χλωριόντων κυμαίνεται από 200-700 mg/l.

- Από τη συσχέτιση των χλωριόντων της πηγής με το ύψος των βροχοπτώσεων στην περιοχή τροφοδοσίας της προέκυψε το συμπέρασμα ότι η περιεκτικότητα σε χλωριόντα μειώνεται στην περίπτωση που έχουμε αυξημένες βροχοπτώσεις και το αντίστροφο. Γενικά εμφανίζεται μία τάση αύξησης στην περιεκτικότητα των χλωριόντων, κατά τα τελευταία έτη, γεγονός που αποδίδεται στη μείωση των βροχοπτώσεων στον ορεινό όγκο που τροφοδοτεί την πηγή.

Η συστηματική παρακολούθηση και καταγραφή της ποιότητας των νερών της πηγής Αναβάλου, καθώς και της παροχής της θα συμβάλλει στην καλύτερη αξιοποίηση και διαχείριση αυτής.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

Πίνακας 1. Παροχές πηγών Κιβερίου (Αναβάλου)

Ημερομηνία	Q(m ³ /sec)	Q(m ³ /h)	Q(m ³ /d)
6/3/1971	11,64	41.904	1.005.696
13/3/1971	17,49	62.964	1.511.136
23/3/1971	15,30	55.080	1.321.920
24/3/1971	14,59	52.524	1.260.576
30/3/1971	12,24	44.064	1.057.536
3/7/1971	14,00	50.400	1.209.600
10/7/1971	13,76	49.536	1.188.864
16/7/1971	13,81	49.716	1.193.184
21/7/1971	13,26	47.736	1.145.664
24/7/1971	12,86	46.296	1.111.104
27/7/1971	13,30	47.880	1.149.120
28/7/1971	13,20	47.520	1.140.480
29/7/1971	12,97	46.692	1.120.608
30/7/1971	13,80	49.680	1.192.320
1/8/1971	14,00	50.400	1.209.600
2/8/1971	13,55	48.780	1.170.720
3/8/1971	13,10	47.160	1.131.840
4/8/1971	13,50	48.600	1.166.400
5/8/1971	13,20	47.520	1.140.480
6/8/1971	13,45	48.420	1.162.080
7/8/1971	12,75	45.900	1.101.600
9/8/1971	13,50	48.600	1.166.400
10/8/1971	12,22	43.992	1.055.808
11/8/1971	12,60	45.360	1.088.640
12/8/1971	12,70	45.720	1.097.280

13/8/1971	13,67	49.212	1.181.088
14/8/1971	13,50	48.600	1.166.400
16/8/1971	13,65	49.140	1.179.360
17/8/1971	13,87	49.932	1.198.368
18/8/1971	12,90	46.440	1.114.560
20/8/1971	12,85	46.260	1.110.240
21/8/1971	12,98	46.728	1.121.472
24/8/1971	13,75	49.500	1.188.000
25/8/1971	14,60	52.560	1.261.440
26/8/1971	13,13	47.268	1.134.432
28/8/1971	13,83	49.788	1.194.912
29/8/1971	12,95	46.620	1.118.880
30/8/1971	14,57	52.452	1.258.848
16/10/1971	14,00	50.400	1.209.600
30/10/1971	13,40	48.240	1.157.760
2/11/1971	13,50	48.600	1.166.400
15/11/1971	13,60	48.960	1.175.040
26/11/1971	12,75	45.900	1.101.600
10/1/1972	13,80	49.680	1.192.320
31/1/1972	12,50	45.000	1.080.000
3/3/1972	15,85	57.060	1.369.440
10/3/1972	14,42	51.912	1.245.888
14/3/1972	15,10	54.360	1.304.640

Πίνακας 2. Μέσα μηνιαία ύψη βροχόπτωσης 17 μετεωρολογικών σταθμών
της ευρύτερης περιοχής μελέτης

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Αγ. Τριάδα	64,0	48,4	39,8	30,2	17,2	8,1	9,2	6,9	13,9	59,5	60,8	78,5	436,5
Αχλαδόκαμπος	148,5	95,2	71,3	49,2	31,2	16,3	14,9	9,5	20,0	74,8	80,4	129,7	741,0
Αμυγδαλίτσα	108,4	83,3	64,3	50,4	40,1	16,6	19,7	16,5	31,1	82,2	92,8	113,2	718,4
Αραχναίο	101,8	80,6	69,0	46,7	37,4	15,7	21,9	18,1	23,6	71,8	73,6	109,1	669,3
Αργος	72,0	54,9	46,4	36,7	22,9	10,9	10,2	6,8	19,0	63,8	73,0	77,1	493,9
Ασίνη	69,5	56,6	47,9	31,9	17,7	15,3	7,7	7,8	20,3	78,8	63,9	83,8	501,2
Φίχτια	76,6	57,6	49,2	27,3	20,2	12,9	13,7	5,5	21,1	74,1	61,6	72,9	492,7
Καρυά	150,6	122,6	113,2	89,8	54,6	29,6	36,6	17,7	40,5	107,4	148,2	143,7	1054,4
Κεφαλόβρυσο	156,9	119,7	96,7	71,0	41,8	20,9	21,6	12,7	24,2	91,1	124,2	169,9	950,7
Κιβέρι	90,6	67,3	51,8	36,0	18,3	8,3	11,3	8,5	20,8	72,1	69,2	89,8	543,9
Λυγουριό	102,4	76,3	52,8	35,0	26,1	10,4	15,2	6,3	18,9	80,2	72,2	109,7	605,5
Μερκούρι	141,8	101,2	77,8	58,5	35,7	18,9	17,2	8,5	23,6	80,2	115,8	132,7	811,9
Ναύπλιο	78,0	57,3	49,1	37,5	23,5	10,8	7,2	4,8	21,2	74,4	75,5	86,0	525,2
Ν. Ροεινό	61,2	53,0	44,0	31,7	19,4	10,3	12,5	9,9	13,3	59,4	67,7	72,5	454,8
Προσύμνη	77,7	60,1	54,3	34,6	31,9	10,4	18,2	15,4	22,5	58,1	66,2	85,5	534,8
Σκαφιδάκι	93,3	70,9	50,6	38,1	20,0	14,4	8,4	13,4	18,4	67,4	72,6	102,1	569,7
Στέρνα	85,6	67,2	57,1	39,6	22,8	10,8	12,5	8,4	19,9	67,3	76,2	91,3	558,9

Πίνακας 3. Πρόσφατες τιμές συγκέντρωσης χλωριόντων πηγών Κιβερίου
(Αναβάλου)

Ημερομηνία	Cl ⁻ (ppm)
10/1/2005	320
8/2/2005	425
11/3/2005	228
12/4/2005	213
13/12/2004	268
15/11/2004	248
20/10/2004	230
20/9/2004	248
23/8/2004	248
12/7/2004	248
10/6/2004	248
12/5/2004	213
19/4/2004	230
11/2/2004	213
14/1/2004	248
9/3/2004	248
18/11/2003	230
15/12/2003	230
13/12/2003	248
14/10/2003	248
15/8/2003	213
24/7/2003	192
18/6/2003	192
16/5/2003	195
14/5/2003	177,5
15/4/2003	177,5
12/3/2003	195
10/2/2003	248,5
10/1/2003	497
20/11/2002	461
2/10/2003	405
18/9/2002	370
22/8/2002	355
15/7/2002	320
17/6/2002	284
15/5/2002	284
17/4/2002	248
13/3/2002	248,5
22/2/2002	260
25/1/2002	248

ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΚΟ ΥΛΙΚΟ



Πανοραμικές απόψεις του φράγματος Αναβάλου Κιβερίου.



Εμφάνιση του γλυκού νερού έξω από το φράγμα του Αναβάλου.



Αγωγός μεταφοράς νερού στο Κιβέρι..



Αγωγοί μεταφοράς του νερού στο Σκαφιδάκι.



Τμήμα του τοιχίου του φράγματος από την εσωτερική πλευρά.



Το αντλιοστάσιο του φράγματος.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ

- Βουδούρης Κ. (2005): Θέματα Υδρογεωλογίας Περιβάλλοντος, Εκπαιδευτικές Σημειώσεις, Τμήμα Γεωλογίας, Α.Π.Θ.
- Γιαννουλόπουλος Π. (2000): Υπόγεια υδραυλική και μαθηματικά μοντέλα στο Αργολικό πεδίο. Διδακτορική διατριβή. Τμήμα Αξιοποίησης Φυσικών Πόρων & Γεωργικής Μηχανικής. Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών.
- Ζυμής Αν. (2004): Άρδευτικό έργο Αναβάλου. Ενημερωτικό σημείωμα. Νομαρχιακή Αυτοδιοίκηση Αργολίδας.
- Μαριόπουλος Γ. (1936): Η διανομή των Μετεωρολογικών στοιχείων εν Ελλάδι. Υπομνήματα του Εθνικού Μετεωροσκοπίου Αθηνών. Σειρά II. Μετεωρολογία. Αριθ. 1.
- Μουντράκης Δ. (1985): Γεωλογία της Ελλάδας. University Studio Press. Θεσσαλονίκη.
- Ντόντος Π. (2002): Γεωλογική και υδρολογική μελέτη των λεκανών Γλυκιάς και Ραμαντάνη για το τμήμα εντός του υπό εξέλιξη Γ.Π.Σ.. Αδημοσίευτη τεχνική έκθεση. Δήμος Ναυπλιέων
- Πουλοβασίλης Α. κ.ά. (1996): Χρησιμοποίηση για άρδευση του νερού του φράγματος Κιβερίου Αργολίδας και παρακολούθηση και αντιμετώπιση της υφαλμύρωσης των υπόγειων νερών του Αργολικού Πεδίου. Τελική Έκθεση Εργαστηρίου Γεωργικής Υδραυλικής, Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών.
- Παπασταματίου Ι., Βετούλης Δ., Τάταρης Α., Χριστοδούλου (1970): Γεωλογικός χάρτης της Ελλάδας, Φύλλο Άργος, κλίμακα 1:50000. Ι.Γ.Ε.Υ.
- Σκαγιάς Στ. (1978): Απογραφή καρστικών πηγών Ελλάδος Ι, Πελοπόννησος- Ζάκυνθος-Κεφαλληνία. Υδρολογικές και Υδρογεωλογικές έρευνες Ι.Γ.Μ.Ε.
- Σούλιος Γ. (1985) : Γενική Υδρογεωλογία. Τόμος Γ'. Εκδόσεις Αφοί Κυριακίδη
- Tavitian C., Τηνιακός Λ., Παπαγεωργόπουλος Γ. (1994) : Διακυμάνσεις χλωριόντων στα νερά της πηγής Αναβάλου Κιβερίου Αργολίδας σε σχέση με το ύψος υετού της περιοχής τροφοδοσίας της. Δελτίο Ελληνικής Γεωλογικής Εταιρίας, τομ. XXX/4, 339-347, 1994. Πρακτικά 7^{ου} Επιστημονικού Συνεδρίου, Θεσσαλονίκη, Μάιος 1994.
- Tiniakos L. (2004): The main coastal karstic aquifers of southern Europe, Tripoli – Argos (Peloponnesus, Greece). A contribution by members of the COST-621 Action

‘Groundwater management of coastal karstic aquifers’. European cooperation in the field of scientific and technical research.

- Tulipano, L. (2003): Overexploitation consequences and management criteria in coastal karstic aquifers. Conf. TIAC’03, Alicante, Spain. Προφορική διάλεξη στο ΑΠΘ.